REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

3455-89. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.

QK1
.R44
1892
v.4

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

4

TOME QUATRIÈME

Mo. Bot. Garden,
1893

PARIS
LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES
PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR
52, RUE DES ÉCOLES, 52
EN FACE DE LA SORBONNE

1892

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 janvier 1892

N° 37

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52, RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 JANVIER 1892

Pages.

I. — SUR LES VARIATIONS DU *QUERCUS MIRBECKII* *Durieu*, EN ALGÉRIE (avec 3 planches), par **M. L. Trabut**... 1

II. — SUR L'ADAPTATION DU *PTERIS AQUILINA* AUX SOLS CALCAIRES, par **M. A. Masclef**.................. 7

III. — OBSERVATIONS SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'INFLORESCENCE MALE DU NOYER, par **M. William Russell**.. 18

IV. — REVUE DES TRAVAUX DE PHYSIOLOGIE ET DE CHIMIE VÉGÉTALE, parus en 1890 et jusqu'en juin 1891, par **M. Henri Jumelle** (*fin*)........................ 22

V. — REVUE DES TRAVAUX SUR LA DESCRIPTION ET LA GÉOGRAPHIE DES LICHENS, publiés en 1890, par **M. A. Hue**... 31

VI. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet**.............................. 41

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHE 1. — *Quercus Mirbeckii.*

PLANCHE 2. — *Quercus Mirbeckii.*

PLANCHE 3. — *Quercus Mirbeckii.*

Cette livraison renferme en outre deux gravures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

SUR LES VARIATIONS

DU

QUERCUS MIRBECKII *DURIEU*, EN ALGÉRIE

Par L. TRABUT

(Planches 1, 2 et 3)

La section des Chênes à feuilles caduques et à gland mûrissant en un an est représentée en Algérie par une espèce dénommée, par Durieu de Maisonneuve, *Quercus Mirbeckii.* Si nous comparons ce Chêne avec les innombrables dérivés du Rouvre, nous arriverons à nous convaincre que nous n'avons en réalité qu'une des nombreuses espèces affines se rapportant au *Q. Robur*, si polymorphe et si flottant.

Néanmoins, beaucoup d'auteurs admettent une section *Galliferæ* Spach, ou *Chimophyllum* Kotschy, pour toute une série de Chênes méditerranéens déterminés : *Q. lusitanica* Lam., *Q. Mirbeckii* Durieu, *Q. infectoria*, etc. — Les caractères admis sont les uns insuffisants, les autres erronés. Nous considérons comme un caractère insuffisant celui qui est tiré de la présence des galles. Spach, Endlicher, Kotschy, Wenzig, et tout récemment Prantl (in Engler et Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*), établissent cette section sur une maturation biennale qui n'existe certainement pas. Cette erreur s'explique par l'apparence de beaucoup d'échantillons d'herbier portant sur le bois aoûté de l'année des glands situés au-dessous d'une vigoureuse pousse d'été qui, par son insertion, fait croire que le rameau porteur du gland est de deuxième année. J'ai pu m'assurer que les

glands du *Q. Mirbeckii* mûrissent toujours dans l'année, M. Coutinho Pereira a fait la même observation en Portugal sur les différentes formes du *Q. lusitanica*.

Les caractères propres du *Q. Mirbeckii* permettent à peine de le séparer du *Q. Robur*, surtout des formes du *sessiliflora*. Le nombre et la régularité des nervures latérales est le caractère le plus apparent et aussi le plus constant. Chez le *Q. Robur* on compte seulement 6 à 9 nervures, tandis que chez le *Q. Mirbeckii* on en trouve presque toujours 9 à 15. — La face inférieure des feuilles du *Q. Mirbeckii* est tantôt très pubescente, tantôt glabre; quand elle est glabre, elle a abandonné pendant son développement un duvet floconneux, caduque, abondant ; quelques poils persistent seulement le long de la nervure principale.

La feuille du *Q. Mirbeckii* est très rarement et très faiblement lobée, le plus souvent régulièrement crénelée ou dentée ; sa consistance est variable : les formes des stations sèches ont des feuilles très coriaces, beaucoup plus épaisses que celles des stations humides du littoral. La persistance des feuilles pendant l'hiver est rare ; à Terni au-dessus de Tlemcen, j'ai observé en avril beaucoup de taillis qui avaient conservé un assez grand nombre de feuilles vertes de l'année précédente. A Alger, à la station forestière d'Aïn-Baïnen, certains pieds de *Q. Mirbeckii* cultivés conservent leur feuillage vert tout l'hiver au milieu d'autres individus dépouillés dès la fin de l'automne. On pourrait facilement, dans cette station, sélectionner une race à feuillage persistant.

Les caractères que l'on peut tirer des organes floraux et du fruit m'ont paru sans valeur ; la cupule présente des écailles qui passent pour être plus gibbeuses que celles du *Q. Robur;* la forme et les dimensions du gland varient dans des proportions très considérables, absolument comme dans le *Q. Robur*. Le bois du *Q. Mirbeckii* est lourd, sa densité peut atteindre 0,92 ; chez le Chêne de Bourgogne elle n'est que de 0,76 à 0,80. — Le *Q. Mirbeckii* paraît avoir dominé en Europe pendant le Miocène et le Pliocène, les restes fossiles des *Q. Lamottei* Sap., *Q. Mir-*

beckii, *antiqua* Sap., *Q. alpestris*, *pliocena* Sap., *Q. lusitanica* du Pliocène de Durford (Gard), indiquent que les nombreuses formes qui, aujourd'hui, vivent à quelques degrés plus au sud, peuplaient la région occupée maintenant par le *Q. Robur* qui s'est substitué pendant l'instauration du climat actuel.

Le *Q. Mirbeckii* occupe en Algérie deux régions assez distinctes : 1° les forêts du littoral des départements d'Alger, de Constantine et de la Khroumirie où il forme parfois des peuplements magnifiques; 2° les montagnes des chaînons de l'Atlas, de Tlemcen à l'Aurès, où il est souvent à l'état isolé au milieu des *Q. Ilex* ou *Q. Suber*, parfois en taillis. Dans la première zone le Chêne de Mirbeck ou Zéen des Arabes est pourvu de feuilles amples pouvant atteindre 17 centimètres; assez uniforme, il ne présente sur cette vaste étendue que des variations individuelles (Pl. 1, fig. 1, 2, 3, 4, 5), mais pas de races; la forme *angustifolia* (fig. 19) est tout à fait accidentelle; dans cette variation les feuilles des pousses du printemps sont assez larges, ce sont les pousses d'été qui portent des feuilles très étroites, ce dimorphisme est assez fréquent chez le Zéen; la figure 13 (Pl. 2) représente aussi un type de feuilles étroites pubescentes provenant du massif de l'Ouarsenis et pris sur des rameaux d'été du même arbre qui portait la feuille large (Pl. 2, fig. 11) sur les pousses de printemps; la figure 18 représente aussi une variation du même ordre. Sur le littoral, les feuilles du Zéen perdent toujours leur pubescence floconneuse et ne conservent que quelques poils sur les côtés de la nervure principale.

Le Zéen habite avec le Chêne-liège et le Chêne Afares (*Q. castaneæfolia*), les sols siliceux de gneiss ou du grès de l'Eocène; on le rencontre surtout dans les ravins et sur les versants nord. — D'après les observations que m'ont communiquées quelques gardes forestiers, depuis quelques années le Zéen tendrait à s'étendre aux dépens du Chêne-liège, probablement sous l'influence de la protection des forêts contre les troupeaux.

Dans les montagnes de l'intérieur, dans des stations calcaires bien plus sèches où la quantité d'eau pluviale annuelle n'est plus que de 40 à 50 centimètres au lieu de 1 mètre, le *Q. Mir-*

beckii est sujet à quelques variations. L'influence des stations plus sèches se traduit par des feuilles bien plus petites, plus coriaces, telles que celles de la forme *microphylla* (Pl. 2, fig. 9) formant un peuplement signalé par M. Reboud à Oum-Achra près Médina, dans l'Aurès. Souvent les feuilles ainsi réduites conservent leur pubescence sur la face inférieure comme dans la forme *tlemcenensis* (Warion in Pl. Atl. Select. *Q. lusitanica* γ. *Broteri* Coutinho) (Pl. 2, fig. 6), qui constitue un peuplement assez étendu dans la région de Tlemcen à Aïn-Ghoraba et Terni sur un terrain calcaire.

Ce Chêne présente un certain intérêt historique: c'est à lui qu'on doit très probablement rapporter le *Q. Pseudo-suber* de Desfontaines qui a été fait dans la région de Tlemcen, où il n'existe certainement pas un autre *Quercus* répondant mieux à la description de Desfontaines. L'hybride *Ilex* × *Suber* qui se trouve représenté par un seul individu dans la même forêt s'éloigne trop de la diagnose du *Flora Atlantica* pour qu'on puisse le regarder comme le type visé par Desfontaines.

Non loin d'Aïn-Ghoraba, à quelques kilomètres au nord-ouest, à Hafir, un peuplement de *Q. Mirbeckii* sur des grès et dans une station humide toute l'année se présente avec les mêmes caractères que sur le littoral; il en est de même dans le ravin de Ben Chicao à Berrouaghia; les formes représentées par les figures 7 et 8 proviennent aussi de la région de Tlemcen.

Dans l'Ouarsenis nous trouvons encore le *Q. Mirbeckii* type du littoral dans les bas-fonds, et vers les points élevés et calcaires (1,100 mètres d'altitude), la forme *tlemcenensis*, mais un peu différente : les feuilles sont plus allongées sur les pousses d'été, certaines rappellent le *Q. alpestris* de Boissier (Pl. 2, fig. 10, 11, 12, et Pl. 3, fig. 13).

A Bouira, dans une station où le *Q. Mirbeckii* est à l'état isolé au milieu des *Q. Ilex* et des *Q. Suber*, on trouve certains ravins présentant des séries de formes si différentes qu'on est amené à admettre l'influence de croisements. J'ai décrit dans la *Flore de l'Algérie* un *Q. Mirbeckii* × *Ilex* à feuilles coriaces, superficiellement sinuées, dentées, ondulées, très pu-

bescentes en dessous (fig. 14), très peu fertile, ayant des cupules, les unes sessiles, les autres pédonculées.

Dans la même région croît la forme *subpedunculata* (Pl. 3, fig. 16), feuilles coriaces remarquables par la réduction des nervures latérales. Des échantillons d'herbier de ce Chêne seraient facilement considérés comme appartenant à une espèce bien différente du *Q. Mirbeckii.* La forme *fagifolia* (Pl. 3, fig. 17) provient aussi de la même forêt, ainsi que la variation représentée par la figure 15 (Pl. 3). J'ai encore d'autres formes très caractérisées de la même station et je suis porté à les considérer comme le résultat de croisements.

En Espagne et en Portugal, les Chênes de ce groupe (*Q. lusitanica*) sont aussi très variables; il en est de même en Orient, et une revue critique de toutes les formes permettrait une grande réduction des types décrits comme espèces et une intéressante énumération de variations adaptées aux conditions climatériques ou telluriques. Ce qui rendra ce travail difficile, c'est la trop grande variabilité aboutissant à des séries intermédiaires entre les races fixées ou bien donnant naissance à des individus porteurs de caractères aberrants, sur lesquels on serait tenté d'établir des espèces ou variétés fictives. Cette étude devra être faite sur place, les échantillons d'herbier pouvant induire en erreur.

M. Coutinho Pereira, qui a publié sur les Chênes du Portugal une très bonne étude, admet quatre variétés du *Q. lusitanica:* α, *faginea ;* β, *alpestris*; γ, *Broteri* ; δ *Mirbeckii.* Nous retrouvons en Algérie le *Q. Mirbeckii* très abondant, alors qu'il est rare en Portugal; la variété *Broteri* Coutinho se confond certainement avec le *tlemcenensis* Warion (*Q. Pseudo-suber*, v. *tlemsenensis* du Prodrome). Quant aux variétés *alpestris* et *faginea*, on ne les retrouve en Algérie que sous forme de variations individuelles ne formant pas de peuplement, pas de race fixée. Le type de feuille, figures 8 et 7 (Pl. 2) rentre dans le *faginea*; les types figure 10 et figure 15 (Pl. 2 et 3) rappellent l'*alpestris.*

Nous avons conservé au Chêne Zéen le nom de *Q. Mirbeckii* parce que cette variété du *Q. lusitanica* Lam est domi-

nante en Algérie, qu'elle y est déjà connue sous ce nom et que l'appellation *Q. lusitanica* « sensu latiori » comprend un trop grand nombre de formes et manque par cela de précision.

En résumé le *Q. lusitanica Mirbeckii* appartient bien à la même section que le Rouvre, dont il est le représentant méridional; aussi polymorphe que le Rouvre, il est susceptible de s'adapter à des stations différentes et d'y constituer des formes locales très caractérisées; il peut aussi, probablement à la suite d'un croisement avec le *Q. Ilex*, donner des variations très aberrantes que l'on serait porté à regarder comme des espèces, si on ne constatait pas sur le terrain que ce ne sont là que des variations individuelles.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche 1.

Fig. 1, 2, 3. — *Quercus Mirbeckii* du littoral, formes ordinaires.
Fig. 4, 5. — Formes plus rares de la même région.

Planche 2.

Fig. 6. — Variétés *tlemcenensis* d'Aïn-Ghoraba.
Fig. 7. — Forme tendant à la var. *faginea*.
Fig. 8. — Forme *brevipetiolata* tendant à la var. *faginea*.
Fig. 9. — Forme *microphylla* glabre.
Fig. 10. — Variété *tlemcenensis*.
Fig. 11, 12. — Var. *tlemcenensis* de l'Ouarsenis tendant à la var. *alpestris*.

Planche 3.

Fig. 13. — Variétés *tlemcenensis* de l'Ouarsenis.
Fig. 14. — *Q. Mirbeckii* × *Ilex*.
Fig. 15. — Forme *microphylla* du *Q. Mirbeckii* (comparez à la figure 9, Pl. 2).
Fig. 16. — Forme *subpedunculata*.
Fig. 17. — Forme *fagifolia*.
Fig. 18. — Feuilles de quelques jeunes pousses de *Q. Mirbeckii*.
Fig. 19. — Forme *angustifolia*, feuille des pousses d'été.

SUR L'ADAPTATION

DU

PTERIS AQUILINA AUX SOLS CALCAIRES

Par M. A. MASCLEF.

Depuis que l'attention des botanistes a été attirée par les travaux de Pyr. de Candolle, Link, Wahlenberg, Giraud-Soulavie et Mouton-Fontenille (1) sur la part importante à faire en géographie botanique à l'influence du sol, un nombre considérable d'observations ont été accumulées sur ce sujet. Diversement interprétées suivant les conditions dans lesquelles se trouvait l'observateur et souvent aussi d'après ses idées préconçues, elles ont donné lieu aux deux théories de l'*influence physique* et de l'*influence chimique* du terrain sur la végétation.

La lutte a souvent été très vive entre les partisans de ces deux théories, et il suffit de jeter un coup d'œil rétrospectif sur la littérature botanique de ce siècle pour voir combien d'ouvrages ont été écrits sur la matière, et de lances rompues entre les champions des deux écoles. Et pourtant la victoire est toujours restée indécise, sans doute, comme le faisait remarquer A. de Candolle en 1855 (2), lors de toute l'ardeur de la con-

(1) Mouton-Fontenille : *Observations sur les différentes espèces de végétaux propres aux montagnes calcaires et granitiques des environs de Grenoble.* — Ce mémoire fait suite à un travail du même auteur intitulé : *Tableau des systèmes de botanique généraux et particuliers*, publié à Lyon, 1798. On y trouve, outre des considérations générales sur la distribution des plantes sur les montagnes des environs de Grenoble, un Catalogue complet des plantes de ces montagnes, avec l'indication des localités, de l'altitude et des terrains sur lesquels elles croissent.

Ce travail, l'un des plus anciens de géographie botanique, n'est cité ni par Pritzel, ni par M. J. Vallot dans ses *Recherches sur la terre végétale.*

(2) A. de Candolle : *Géographie botanique raisonnée*, p. 422.

troverse, parce que « à force de chercher les détails on aurait un peu perdu de vue les grands faits ».

Cependant la théorie de l'influence chimique a fini par réunir à un moment donné le plus grand nombre de partisans, et actuellement encore elle prime sa rivale plus ancienne. C'est qu'en effet elle a à son actif un plus grand nombre d'observations consciencieuses et de faits incontestables ; mais elle est loin de s'imposer à tous, car si l'on approfondit et l'on compare les preuves alléguées, on ne tarde pas à s'apercevoir que la plupart, vraies dans une région déterminée, ne le sont plus dans une autre et mènent alors à de nombreuses contradictions. D'autre part, les partisans de l'influence chimique n'allèguent aucun argument véritablement positif. Ce n'est le plus souvent que parce que les faits observés ne concordent pas avec les théories de l'influence physique qu'ils concluent *a priori* à la nécessité d'une action chimique ; au contraire, les analyses de cendres qui ont été faites ne prouvent pas grand'chose, et tous les essais de cultures tentés jusqu'ici sont plutôt négatifs.

Bref les deux écoles de l'influence physique et chimique du sol sur la végétation ont toujours leurs partisans : les uns obstinément attachés à l'une ou l'autre de ces théories, les autres se faisant de mutuelles concessions, mais attribuant une plus large part à l'un des deux facteurs.

En présence de ces doutes et de ces contradictions, des observateurs plus sagaces ont cherché une idée plus générale pouvant expliquer tous les faits et les dominant tous. Dès 1867, au Congrès international de botanique tenu à Paris, A. de Candolle (1) émettait cette opinion que la prédominance de certaines espèces dans telle ou telle région n'est la plupart du temps qu'un effet de la *lutte pour l'existence*.

Ce n'était là encore qu'une hypothèse. En 1880, M. Gaston Bonnier (2), dans un mémoire résumant de nombreuses observations faites pendant plusieurs saisons dans les Alpes fran-

(1) *Actes du Congrès international de Botanique tenu à Paris en août* 1867, p. 66.
(2) Gaston Bonnier : *Quelques observations sur la flore alpine d'Europe* (Ann. des Sc. natur., Bot. 1880).

çaises, les Alpes du Tyrol et les Carpathes septentrionales, la faisait entrer dans le domaine des faits incontestables, et arrivait à cette conclusion que *si l'on supprime la concurrence vitale, presque toutes les plantes pourront croître dans le même sol.* Ce n'est pas à dire pour cela que la nature physique ou chimique du sol n'influe pas certainement sur la distribution de certaines espèces dans une région isolée, mais ce n'est jamais que d'une manière relative et non absolue, car si l'on étudie en les comparant des régions différentes, on voit que la préférence d'un sol est toujours liée à la concurrence vitale, M. Gaston Bonnier donne de nombreuses preuves à l'appui dans le mémoire que nous venons de citer; depuis, il a poursuivi activement des recherches du même ordre dans les Alpes et les Pyrénées, et il a pu signaler à nouveau plusieurs cas (1) où la concurrence vitale domine incontestablement l'influence du terrain.

Ces observations consciencieuses indiquent la véritable solution de toutes les controverses auxquelles ont donné lieu les deux théories de l'influence physique et chimique : avec la concurrence vitale tous les faits contradictoires relevés jusqu'ici trouvent une explication toute naturelle. De plus, un horizon tout nouveau s'ouvre en géographie botanique et il devient permis de considérer tous les faits d'influence physique ou chimique comme des cas particuliers d'*adaptation*.

L'adaptation est, comme on le sait, le résultat de la concurrence vitale; c'est, pour employer la définition d'Herbert Spencer, « la persistance du plus apte ». Si donc une plante est spécialement localisée dans un terrain particulier, c'est que, plus forte et plus apte sur ce terrain que ses congénères, elle les a vaincues dans la lutte pour la vie et s'y est adaptée.

On peut, pour chercher à expliquer les faits, distinguer deux sortes d'adaptation des végétaux au sol : l'une, que j'appellerai primitive, qui s'est faite au moment de la dispersion des plantes dans la période géologique actuelle; et une autre toute moderne,

(1) Gaston Bonnier : *Études sur la végétation de la vallée d'Aure* (*Hautes-Pyrénées*) (Rev. génér. de Bot., 1890).

modifiant constamment la première et dont nous pouvons voir les effets se manifester tous les jours sous nos yeux.

L'adaptation primitive a agi de plusieurs manières différentes.

Pour certaines plantes, assez rares d'ailleurs, elle s'est faite d'une façon uniforme ; c'est le cas des plantes dites *exclusives*. Pour prouver que cette préférence presque exclusive a été acquise dès le début de notre période géologique, il faudrait faire appel aux documents paléontologiques; malheureusement il est bien difficile de savoir sur quel terrain croissait une plante dont on observe les empreintes fossiles. Citons néanmoins à l'appui l'opinion de M. de Saporta à propos du Châtaignier : « La préférence du type pour les sols siliceux, dit-il (1), doit dater de loin et explique l'absence ou la rareté de ses vestiges dans tous les gisements des régions purement calcaires. »

Pour d'autres espèces plus nombreuses, les *préférentes*, l'adaptation primitive s'est faite d'une façon variable suivant la végétation des différentes régions; une même espèce dans une région donnée a adopté un sol déterminé à l'exclusion de tout autre, tandis que dans une autre région analogue, vaincue dans la lutte par une autre plus vigoureuse, elle a dû pour continuer à vivre s'emparer d'un terrain absolument différent. Ces faits d'adaptation sont plus faciles à constater que les précédents; tels sont ceux que M. Gaston Bonnier a mis en évidence.

Enfin, il reste à montrer le rôle joué par les plantes *indifférentes* lors de l'adaptation primitive. Ces plantes moins exigeantes et mieux organisées pour la lutte, plus rustiques comme l'on dit en horticulture, ont pu résister aux autres plantes et se sont adaptées à tous les terrains. Les espèces véritablement indifférentes sont d'ailleurs moins nombreuses qu'on ne le croit, car au point de vue de l'adaptation il faut comprendre en même temps les deux influences physique et chimique, et bon nombre d'indifférentes au point de vue chimique ne le sont plus quant à la nature physique du sol.

(1) Marquis G. de Saporta : *Origine paléontologique des arbres cultivés ou utilisés par l'homme*. Paris, 1888, p. 159.

Tels ont été les effets de l'adaptation primitive, mais ces adaptations anciennes peuvent être modifiées tous les jours par des adaptations nouvelles, comme nous en citerons tout à l'heure quelques exemples.

L'attention une fois attirée sur ce sujet, il est indubitable que la question de l'influence du sol sur la végétation ne peut manquer d'entrer dans une phase nouvelle. En effet, il suffira soit de rechercher des faits d'adaptation primitive différant avec les régions, soit de constater des exemples relativement modernes où l'adaptation primitive a été modifiée par d'autres plus récentes, pour prouver le rôle prédominant de la concurrence vitale dans les faits relatifs à l'influence du sol.

Malheureusement, les observations de ce genre ne peuvent se faire avec des documents bibliographiques; elles sont difficiles et souvent coûteuses. Il faut entreprendre de longs voyages, comparer des régions différentes, parfois creuser le sol à de grandes profondeurs et exécuter des analyses. A chacun donc d'apporter sa faible contribution en ce sens.

Pour ma part j'ai déjà signalé un certain nombre d'exemples d'adaptations locales, des plantes halophiles adaptées à des terrains azotés ou aux eaux douces et de plantes indifférentes à des sols exclusivement calcaires. Le nouvel exemple que je vais citer me paraît d'autant plus intéressant qu'il s'agit d'une espèce réputée comme l'une des plus exclusives au point de vue de la nature minéralogique du sol.

« Le *Pteris aquilina*, dit M. J. Vallot (1) dans le savant travail où il résume si consciencieusement les travaux relatifs à la question, est une des espèces citées le plus souvent par les botanistes qui se sont occupés de l'influence du sol. Il est presque toujours donné comme caractéristique des sols siliceux, et, lorsqu'on l'a indiqué sur des terrains calcaires, c'est presque toujours par suite d'une observation superficielle, qui a été démontrée inexacte plus tard. » Après avoir démontré que le

(1) J. Vallot : *Recherches physico-chimiques sur la terre végétale et ses rapports avec la distribution géographique des plantes.* Paris, 1883, p. 328 et 334.

Pteris aquilina est complètement indifférent à la nature physique du sol, M. J. Vallot ajoute : « Quant à l'influence chimique du sol sur le *Pteris*, elle nous semble rendue évidente par son absence sur les calcaires purs, et sur les sables dolomitiques effervescents. Les seuls terrains calcaires où nous l'ayons rencontrée sont des dolomies compactes, ne faisant pas effervescence à froid et par conséquent difficilement dissoutes par les eaux pluviales ; notons que le *Pteris* n'atteint pas sur ces terrains une hauteur de 50 centimètres.

« Nous pouvons conclure de ces recherches que le *Pteris aquilina* préfère les terrains siliceux, mais qu'il n'est pas absolument exclu par quelques centièmes de calcaire, ni par les dolomies que leur nature empêche d'être facilement dissoutes. »

Ajoutons pour compléter ces conclusions que M. Contejean (1) a signalé deux cas où le *Pteris aquilina* s'aventure dans les sables des dunes où l'acide commence à déceler la présence du calcaire : mais, ajoute-t-il, dans cette zone le *Pteris aquilina* n'est plus représenté que par des individus isolés et rabougris.

Ainsi donc, d'après les observations faites jusqu'ici, le *Pteris aquilina*, tout en étant normalement une plante des terrains siliceux, s'adapte quelquefois à des sols contenant une petite proportion de calcaire, mais la quantité de calcaire constatée est très faible. Encore est-il possible que dans les cas observés par M. Contejean, les rhizomes du *Pteris* n'atteignissent pas un sous-sol faisant effervescence, comme je l'ai constaté sur d'autres dunes où le *Pteris* croissait dans des conditions analogues.

Or, j'ai trouvé le *Pteris aquilina* végétant non seulement sur des terrains siliceux fortement imprégnés de calcaire, mais encore sur de la craie glauconieuse pure.

Dans une excursion faite au mois d'août 1889 à l'île de Cézembre, la plus grande du petit archipel Malouin, je fus frappé de l'abondante végétation de *Pteris aquilina* qui recouvrait la pente des rochers granitiques du côté de l'île faisant face à la

(1) Ch. Contejean : *Géographie botanique. Influence du terrain sur la végétation.* Paris, 1881, p. 47 et 48.

ville de Saint-Malo; en même temps, je remarquais que la base des rochers était recouverte par du sable coquillier amassé là par les vents de la mer. Le *Pteris* végétait indifféremment sur les rochers recouverts par du sable et sur ceux qu'il n'avait pas encore atteints, mais il suffisait d'un simple coup d'œil pour voir que la végétation du *Pteris* était moins luxuriante là où les rochers étaient recouverts de sable. L'influence du calcaire contenu abondamment dans le sable paraissait donc bien évidente ; toutefois, je voulus m'assurer que les racines étaient directement soumises à l'action du calcaire. Pour cela, il me fallut déblayer une grande masse de sable et briser les anfractuosités de rochers dans lesquelles pénétraient les rhizomes; au bout d'un certain temps de ce travail, j'avais en ma possession quelques échantillons bien complets de la Fougère et je pus m'assurer sur place que non seulement les débris de rochers dans lesquels végétait le *Pteris* faisaient avec l'acide une vive effervescence ; les parcelles de terre encore adhérentes aux poils radicaux ou racines faisaient aussi effervescence. J'avais donc en main des spécimens de *Pteris* poussant dans des terrains granitiques contenant une notable proportion de calcaire. Diverses analyses de sables recueillis au bord de la mer m'ont fait voir que la proportion du calcaire varie de 5 à 7 p. 100.

C'est dans la baie de Seine, sur les falaises de Rogerville, au delà de Harfleur, que j'ai trouvé en 1891 le *Pteris aquilina* dans un terrain exclusivement calcaire formé de craie glauconieuse désagrégée. Le *Pteris* n'y était pas abondant, car je n'en ai observé que deux pieds poussant en compagnie du *Brassica oleracea* et d'autres plantes calcaires. La falaise en ces endroits étant dans un état de désagrégation assez avancée, il me suffit de quelques coups de piochon pour m'assurer que toutes les parties souterraines des *Pteris* en question étaient bien renfermées dans la craie glauconieuse et nullement en contact avec un autre terrain. Le haut de la falaise et le plateau étaient recouverts d'argile siliceuse où le *Pteris* poussait assez abondamment.

Tels sont les faits; voyons maintenant comment on peut les

interpréter. Aussi bien pour les échantillons de Cézembre que pour ceux des falaises de Rogerville, une adaptation relativement récente était évidente.

En effet, à Cézembre, le sable maritime apporté par le vent de la mer n'a pu certainement recouvrir les rochers granitiques qu'après le début de la végétation du *Pteris aquilina* sur ces rochers, et ce n'est que peu à peu que les *Pteris* de la base ont dû s'habituer, *s'adapter*, à la présence du calcaire; cela peut se comprendre d'autant plus facilement que le calcaire entraîné par la pluie n'a imprégné les rochers granitiques que peu à peu et suivant une progression insensible.

Sur la craie des rochers de Rogerville, l'adaptation n'est pas moins facile à établir. En effet, comme je l'ai dit, le haut de la falaise était encore recouvert d'argile et il surplombait même au-dessus de la cassure crayeuse où j'ai recueilli ces *Pteris*; il est donc évident qu'à un moment donné, la couche d'argile siliceuse devait descendre jusqu'à la base de la falaise et qu'alors toute la pente pouvait être recouverte de *Pteris*. Un éboulement s'étant produit, il a entraîné avec lui l'argile et sa végétation; plusieurs de ces Fougères, grâce à leurs rhizomes profonds, sont sans doute restées dans quelque crevasse contenant encore des éboulis argileux et y ont continué à vivre, mais la pluie continuant son action toute l'argile a été insensiblement enlevée, et finalement les quelques pieds de *Pteris* que j'ai observés dans la craie glauconieuse s'y sont adaptés, après avoir probablement végété d'abord dans de l'argile siliceuse, puis dans de l'argile mélangée de craie. L'adaptation là encore s'est donc faite lentement et c'est pour cela qu'elle a pu réussir dans des conditions aussi difficiles pour cette plante, qu'un passage d'un terrain siliceux pur à un autre exclusivement calcaire.

Il est maintenant intéressant de rechercher quelles sont les modifications qu'ont subies les *Pteris* de Cézembre et de Rogerville, aussi bien dans leur morphologie externe que dans leur structure interne, et par conséquent de voir comment se sont comportés leurs organes pour s'adapter à cette vie nouvelle.

On sait comment est constitué le *Pteris aquilina* dans des terrains siliceux purs, c'est-à-dire dans ses conditions normales de végétation ; prenons comme terme de comparaison la plante de ces terrains.

Les *Pteris aquilina* poussant au milieu des sables calcaires de Cézembre étaient extérieurement plus petits que ceux des falaises granitiques voisines ; le rhizome était assez grêle, mais très allongé et ramifié comme dans les échantillons normaux ; enfin les racines étaient plus abondantes que dans des échantillons recueillis sur des terrains siliceux.

Les Fougères de la même espèce, recueillies à Rogerville, étaient également rabougries, mais comme à Cézembre, les modifications principales s'observaient dans les parties souterraines. Le rhizome était gros, très court, tortueux et couvert d'une telle quantité de racines que ces dernières formaient une masse très épaisse, presque comme les racines en « queue de renard », bien connues chez les Saules ou des Peupliers.

Nous voyons donc qu'extérieurement, à part la question de taille et de vigueur, les rhizomes de *Pteris* sont d'autant moins développés et munis de plus de racines qu'ils sont dans un sol moins siliceux. Un mot maintenant de ce que j'ai observé sur la comparaison de leurs structures anatomiques.

Si on compare la structure des tiges souterraines, c'est-à-dire de la partie de la plante où s'accumulent surtout les réserves, on trouve entre les rhizomes des trois terrains les différences suivantes :

Le rhizome des sables siliceux présente la structure normale. Au centre se trouvent, au milieu du tissu conjonctif, deux îlots vasculaires aplatis, entourés par un sclérenchyme interne, çà et là percé de boutonnières très allongées dans le sens de l'axe du rhizome. Autour de ce sclérenchyme interne, et en correspondance avec les parties concaves de la surface extérieure, on distingue six à neuf îlots vasculaires entourés par la partie externe du tissu conjonctif. Plus près de l'extérieur se trouve le sclérenchyme externe, çà et là réduit à une épaisseur très faible. C'est surtout dans le tissu conjonctif que sont emmagasinées

les réserves nutritives, et en particulier l'amidon qui y est très abondant.

Le rhizome des *Pteris* des rochers siliceux imprégnés de calcaire présente d'une manière générale une structure analogue, sauf que le développement relatif du tissu conjonctif à réserves y est en moyenne moitié moindre en diamètre; les îlots vasculaires extérieurs peuvent être au nombre de trois ou quatre, et les deux sclérenchymes sont beaucoup plus épais.

Quant au rhizome du terrain calcaire, si on l'examine en coupe transversale, on dirait au premier abord qu'il est presque exclusivement constitué par des vaisseaux et du sclérenchyme. Le tissu conjonctif est constitué seulement par une mince lame qu'interrompent les masses vasculaires externes, et par un cordon très réduit qu'on n'observe guère qu'à la partie extérieure des îlots vasculaires internes. Les deux sclérenchymes externe et interne sont en effet tellement développés qu'ils se réunissent entre eux en plusieurs points et que les îlots vasculaires s'y trouvent souvent complètement encastrés. On y observe aussi ce fait très remarquable de l'augmentation du nombre des îlots vasculaires, surtout des internes, qui au lieu d'être au nombre de deux comme dans les *Pteris* des sables siliceux, sont au nombre de cinq à sept. Il en résulte que dans ce dernier exemple les tissus de réserves sont extrêmement réduits, tandis que les tissus protecteurs y acquièrent le maximum de leur développement.

On voit donc qu'il y a dans les tissus de la plante la marque d'une adaptation très différente paraissant liée à la nature des terrains où elle croît. L'abondance relative des tissus de réserves, qui doit être liée sans aucun doute au développement général de la plante, se rencontre dans les échantillons des sables siliceux.

En somme, il résulte de ce qui précède, qu'une plante qui, comme le *Pteris aquilina*, peut arriver à croître dans un terrain différent de celui où elle ne pousse pas habituellement, ne le fait qu'en s'adaptant d'une manière particulière à ce change-

ment dans la nature du sol. Dans l'exemple étudié, la Fougère, qui préfère ordinairement partout les terrains exclusivement siliceux, s'adapte au calcaire en modifiant surtout ses organes souterrains.

Lorsque le *Pteris* arrive à croître dans le calcaire pur, ses rhizomes sont plus courts, ses racines plus nombreuses, plus serrées et plus développées, et la structure de sa tige souterraine révèle une réduction relative considérable des tissus de réserves.

Les échantillons recueillis dans un sol contenant 5 à 7 p. 100 de calcaire ont montré dans les caractères extérieurs et anatomiques de leurs parties souterraines un intermédiaire entre ceux du calcaire pur et ceux des terrains exclusivement siliceux.

OBSERVATIONS SUR LE DÉVELOPPEMENT

DE

L'INFLORESCENCE MALE DU NOYER [1]

Par M. William RUSSELL.

On sait que chez plusieurs de nos arbres fruitiers, Pommier, Cerisier, Poirier, etc., les diverses parties constituantes de la fleur sont déjà complètement formées longtemps avant la floraison. En effet, au moment de la chute des feuilles, les bourgeons à fleurs de ces arbres ont presque en entier subi leur évolution et n'attendent plus que des conditions climatériques favorables pour étaler au grand jour les organes qu'ils renferment.

Ces faits sont surtout observés pour une certaine catégorie de plantes appartenant toutes à la même famille; il y aurait par conséquent, à mon avis, un certain intérêt à les étendre à d'autres végétaux. C'est dans ce but que j'ai suivi cette année le développement de l'inflorescence mâle du Noyer. Cet arbre possède, on ne l'ignore pas, des fleurs de deux sortes. Les fleurs femelles sont disposées en épis axillaires ou terminaux; les fleurs mâles forment par leur ensemble des chatons toujours axillaires.

Les inflorescences composées de fleurs femelles naissent sur des pousses entrées en végétation au printemps et toute leur évolution s'accomplit dans l'année même; au contraire les chatons mâles sont toujours portés par des rameaux de l'année

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne dirigé par M. le Professeur Bonnier.

précédente, de sorte que les fleurs femelles sont fécondées par le pollen de fleurs beaucoup plus âgées qu'elles.

Ceci étant rappelé, voyons quand et comment se forment les fleurs mâles : si l'on examine une jeune pousse au début du mois de mai, c'est-à-dire peu de temps après l'épanouissement des fleurs, on peut remarquer, à l'aisselle de certaines feuilles voisines du sommet, des bourgeons de forme conique, sensiblement plus gros que ceux abrités par la base des feuilles plus inférieures. Ces bourgeons représentent les futurs chatons de l'année suivante. Si l'on fait des coupes longitudinales dans l'un d'eux on peut voir que déjà le bourgeon est considérablement différencié. Il se compose d'un axe court et renflé sur lequel sont insérées de très nombreuses feuilles fort rapprochées les unes des autres, et, fait qui doit surtout nous intéresser, on peut reconnaître, au niveau de l'insertion des feuilles les plus âgées, de petits mamelons dont la signification morphologique n'est pas difficile à interpréter, car un certain nombre d'entre eux possèdent une ou plusieurs feuilles. Les fleurs mâles sont donc ébauchées. Leur mode de formation est facile à suivre, car sur une même coupe on observe des mamelons gemmaires à des états variables de développement. Les plus voisins du sommet végétatif se montrent sous forme d'un épaississement de la face supérieure des feuilles, c'est en effet aux dépens des tissus de la feuille que s'effectue le cloisonnement qui doit donner naissance au bourgeon floral. L'apparition de l'un d'eux est annoncée par une rapide multiplication des cellules qui occupent la face dorsale d'une feuille près de son insertion sur l'axe. Bientôt après, on voit se dessiner une légère protubérance qui ne s'élève que faiblement au-dessus de la surface de la feuille et très promptement forme sur son bord opposé à l'axe une petite proéminence qui est l'origine de la première pièce du périanthe. La formation des autres éléments de la fleur suit de près, car des coupes transversales faites dans un bourgeon à la fin de juin montrent que tous les verticilles floraux sont au complet dès ce moment.

Au mois de juillet le jeune chaton a environ un centimètre

de hauteur et, à partir de cette époque, passe à l'état de vie ralentie jusqu'aux débuts du printemps. Les frêles organes qu'il renferme sont protégés contre les rigueurs de l'hiver de la façon suivante : la bractée immédiatement superposée à chaque bourgeon à fleur présente une dépression dans laquelle est reçu le bourgeon. Celui-ci, par suite de la très faible distance qui sépare sa bractée mère de celle qui est au-dessus, se trouve ainsi logé dans une chambre presque entièrement close. L'occlusion est rendue complète par le recourbement vers le haut des extrémités de chaque bractée qui s'appliquent étroitement les unes sur les autres. Les extrémités ainsi imbriquées de ces bractées sont en outre fortement subérifiées et couvertes de poils nombreux.

Cette sorte de niche qui contient chacun des bourgeons est formée par le bourgeon lui-même qui pendant son développement vient presser sur la face inférieure de la bractée située au-dessus de lui et gêne de la sorte l'accroissement en épaisseur de la région en contact.

Lorsqu'au printemps, une énergique croissance intercalaire amène le chaton à l'état adulte, les bractées brusquement éloignées les unes des autres arrivent assez difficilement à séparer leurs extrémités toujours fortement unies entre elles; aussi le plus souvent celles-ci se rompent au niveau de l'insertion du bourgeon floral.

L'apparition des grains de pollen n'a lieu qu'au moment de la floraison, bien que les sacs polliniques soient déjà formés dès le mois de juillet.

La relation étroite qui existe entre un bourgeon à fleur et la feuille qui le porte s'établit très nettement, avons-nous vu, quand on suit le développement; mais elle cesse d'être aussi nette si l'on n'observe que des organes adultes. En effet, par suite de son origine, le bourgeon floral participe de la croissance intercalaire de la feuille; il éprouve de ce fait un accroissement en diamètre l'emportant sur l'accroissement en hauteur, qui, nous le savons, est très faible. Il en résulte que sa région inférieure subit un étirement si considérable, qu'avec l'âge elle

se confond avec la feuille à tel point que le périanthe de la fleur semble adné avec celle-ci.

Un pareil état de choses n'a pas manqué d'induire en erreur nombre de morphologistes qui ont cru reconnaître dans cette concrescence du bourgeon floral avec sa feuille mère un phénomène de soudure.

Cette manière de voir, il va sans dire, était purement hypothétique, car avant d'admettre qu'il y ait soudure des deux organes il fallait préalablement établir qu'aux débuts de leur développement ils étaient séparés, ce que personne, je crois, n'a songé à rechercher.

Pour terminer je puis ajouter que le système vasculaire de chaque bourgeon est en relation directe avec celui de sa feuille mère.

En résumé, les fleurs mâles commencent à se former vers la fin d'avril chez le Noyer, aux dépens de leur bractée axillante et sont entièrement constituées dès le mois de juillet de l'année qui précède la floraison.

REVUE DES TRAVAUX

DE PHYSIOLOGIE ET CHIMIE VÉGÉTALES

PARUS D'AVRIL 1890 A JUIN 1891 (*Fin*).

Cette dernière manière de voir de M. Krabbe trouve une certaine confirmation dans l'un des résultats qu'a obtenus M. Haberlandt (1), en étudiant l'assise à gluten de l'albumen des graminées, au point de vue du rôle que cette assise doit jouer pendant la germination.

L'assise à gluten, pour M. Haberlandt, n'appartiendrait pas, à proprement parler, au système des tissus de réserve, mais représenterait bien plutôt un tissu formateur de diastase servant pour la digestion de l'albumen. Les cellules, en effet, dès le début de la germination, prennent les caractères de véritables cellules glandulaires, dont la paroi interne proémine sous forme de papille vers l'intérieur du grain. De plus elles ne se vident pas et restent unies entre elles, contrairement à ce qui a lieu, par exemple, pour les cellules amylacées de l'albumen qui se trouvent à leur contact. Enfin, lorsqu'on isole toute l'assise, on constate qu'elle corrode et dissout les grains d'amidon sur lesquels on l'applique.

M. Prangl, il est vrai, admet que l'assise à gluten sert seulement, dans ce cas, de tissu conducteur, amenant aux cellules amylacées la diastase produite par l'embryon, mais l'expérience suivante de M. Haberlandt ne paraît pas justifier cette hypothèse.

Si, avant toute germination, on fait sur un grain de Seigle, par exemple, une incision annulaire vers le milieu de la longueur, on interrompt toute communication possible, par l'intermédiaire de l'assise à gluten, entre l'embryon et une partie de l'albumen. Or, dans le grain ainsi traité et mis ensuite à germer, la corrosion et la dissolution d'amidon se font partout comme sur des grains intacts, commençant dans les cellules immédiatement au-dessous de l'assise à gluten. Pour toute une partie du grain, la diastase ne peut cependant plus venir du scutellum (2); elle est donc nécessairement formée sur place par chaque cellule de cette assise à gluten.

C'est ce résultat qui s'accorde, comme on voit, entièrement avec l'hypothèse de M. Krabbe.

(1) Haberlandt : *Die Kleberschicht des Gras-Endosperms als Diastase ausscheiden des Drüsengewebe* (Berichte der deut. bot. Gesellschaft, fév. 1890).

(2) Dans l'embryon, d'après les recherches de MM. Horace Brown et Harris Morris (*Recherches sur la germination de quelques Graminées*. — Biederm. Centralblatt., XX, 19) c'est surtout l'épithélium du scutellum qui sécrète la diastase, car l'embryon sans scutellum ne transforme pas l'amidon.

Dans son travail, M. Krabbe repousse l'idée émise par quelques auteurs, MM. Nägeli et Mayer entre autres, que le protoplasma lui-même puisse agir sur l'amidon à la manière d'une diastase. Cette idée est cependant de nouveau reprise et défendue par M. Wortmann (1).

M. Wortmann s'appuie principalement sur ce fait qu'on trouve souvent de grandes quantités d'amidon dans des régions de la plante qui, cependant, ne contiennent jamais que fort peu de diastase. Dans les feuilles, par exemple, où il y a une transformation active d'amidon, on éprouve, la plupart du temps, une grande difficulté pour extraire le ferment en quantité appréciable, et cette quantité ne suffit certainement pas pour opérer la transformation en glucose de tout l'amidon produit à la suite de l'assimilation. La même observation s'applique aux tiges et aux pétioles.

D'après les expériences de M. Wortmann, faites sur les différents organes des plantes les plus variées, ce ne serait que dans quelques cas spéciaux (graines, tubercules et rhizomes amylacés) que la dissolution de l'amidon serait due à la diastase. Dans les autres cas (feuilles en particulier) cette dissolution aurait lieu plutôt sous la seule influence du protoplasma, sans intervention d'un ferment sécrété.

Et maintenant, pour terminer la revue des travaux de cette année relatifs à l'amidon, il ne nous reste plus qu'à signaler les résultats qui découlent, au point de vue physiologique, de toute une série de recherches entreprises par M. Lesage (2) sur les plantes halophytes et autres. La conclusion de ces recherches est que la formation d'amidon dans les organes végétatifs chlorophylliens dépend du degré de salure. Une trop forte salure ralentit la production d'amidon, et, par suite, les phénomènes de l'assimilation. Ce dernier fait est à rapprocher d'un autre précédemment observé par le même auteur, à savoir qu'une forte salure est également accompagnée d'une diminution de la chlorophylle.

Les divergences d'opinions que nous venons de constater entre les différents auteurs au sujet de la production des grains d'amidon se retrouvent, presque aussi nombreuses, lorsqu'il s'agit du développement de ces formations albuminoïdes qu'on observe dans la plupart des graines, en particulier dans les graines oléagineuses, et qu'on désigne sous le nom de grains d'aleurone.

A ce sujet, M. Belzung (3) pense que jusqu'à présent le développement des grains d'aleurone n'a été suivi d'une façon complète que sur un nombre d'espèces beaucoup trop restreint et, presque toujours sur des plantes, appartenant en grande majorité à un type unique de structure adulte. Il serait

(1) Wortmann : *Ueber den Nachweiss, das Vorkommen und die Bedeutung des diastatischen Enzyms in den Pflanzen* (Bot. Zeit. 1890, 37).

(2) Pierre Lesage : *Influence de la salure sur la formation de l'amidon dans les organes végétatifs chlorophylliens* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, mars 1891). — *Contributions à la Biologie des plantes du littoral et des halophytes, Influence de la salure sur l'anatomie des végétaux* (Rennes, 1891).

(3) Belzung : *Développement des grains d'aleurone et structure protoplasmique générale chez quelques Papilionacées* (Journal de Botanique, mars et avril 1891).

eut-être donc nécessaire, avant tout, d'étendre ces recherches à d'autres types de grains d'aleurone afin de montrer si le développement de ceux-ci s'opère encore suivant la marche générale, ou si, au contraire, il est impossible de réunir dans une catégorie unique de formations les différents types de grains.

C'est dans ce but que, laissant de côté l'examen des grains d'aleurone avec enclaves, qui ont, jusqu'alors, été surtout étudiés, l'auteur porte de préférence son attention sur les grains sans enclaves qu'on trouve, par exemple, fréquemment chez les Légumineuses.

Le dépôt de ces grains d'aleurone, d'après les recherches de M. Belzung, ne commence qu'assez tard, quand la graine a déjà acquis une assez grande taille, et lorsque la concentration du suc celluloïde a atteint un degré déterminé, la proportion des acides libres devenant alors suffisante pour hâter la précipitation du principe albuminoïde. Ce dépôt apparaît comme la conséquence de phénomènes purement physiques et chimiques dont le suc cellulaire est le siège, et auxquels le protoplasma reste étranger.

Comme l'avait déjà remarqué M. Godfrin, les grains d'aleurone naissent à la périphérie des cellules, contre la membrane. Ils se présentent sous forme de petits grains pleins et homogènes; ils sont insolubles dans l'eau et sont, à ce moment, uniquement formés de légumine.

Ils grandissent rapidement et restent encore pleins pendant quelque temps; puis en vertu de leur pouvoir osmotique ils se creusent d'une ou plusieurs vacuoles aquifères.

Le grain d'aleurone adulte consiste, soit en un réseau, régulier ou irrégulier, emprisonnant dans ses mailles un suc riche en principes dissous, notamment en albuminoïdes; soit en une paroi circulaire limitant une large vacuole aquifère centrale. Réseau ou paroi circulaire sont insolubles dans l'eau et représentent essentiellement le grain d'aleurone.

Les grains d'aleurone des espèces étudiées par M. Belzung (Haricot, Fève, Pois, Lupin, Cytise) ne contiennent aucune inclusion et ne sont pourvus d'aucune membrane propre.

Lorsque la graine est complètement mûre et desséchée, un principe albuminoïde soluble dans l'eau et précipitable par la chaleur en présence des acides étendus, et probablement aussi la galactane, les acides organiques libres, etc., se trouvent concrétés dans les vacuoles des grains d'aleurone et les remplacent plus ou moins complètement.

En présence de l'eau, à une température insuffisante pour provoquer un commencement de germination, les grains d'aleurone reprennent l'aspect vacuolaire qu'ils offraient avant la dessiccation de la graine.

Nous rappelons, une fois encore, que tous ces résultats énoncés par M. Belzung se rapportent uniquement aux grains sans enclaves des Légumineuses, les seuls que l'auteur se soit proposé d'étudier.

Dans les feuilles charnues d'*Oncidium microchilum*, M. Mikosch (1) a observé

(1) C. Mikosch : *Ueber ein neues Vorkommen geformten Eiweisses* (Berichte der deut. bot. Ges., fév. 1890).

des corps figurés, de nature vraisemblablement albuminoïde, analogues à ceux qui ont déjà été vus par M. Molisch, puis par M. Chmielewsky dans les rameaux d'*Epiphyllum*.

Ces corps se trouvent dans les cellules épidermiques des deux faces ; ils peuvent affecter des formes variées, en aiguille, en anneau, en tube, etc. Ils sont homogènes ou striés; dans ce dernier cas, ils sont constitués par des fibrilles parallèles, que réunit une substance hyaline peu réfringente.

Ils ne sont pas régulièrement répartis dans l'épiderme, et sont réunis en îlots. Ils manquent parfois dans certaines feuilles, et sont constants surtout dans les cellules accessoires des stomates.

Toujours absents dans les jeunes feuilles, ils n'apparaissent que dans les feuilles de moyenne grandeur. Leurs réactions sont celles des corps protéiques.

La question qui se pose au sujet de ces corps est celle de savoir si ce sont des matières de réserve ou des excrétats. M. Molisch se prononce en faveur de la première hypothèse, M. Chmielewsky, au contraire, en faveur de la seconde.

Pour M. Mikosch, la persistance de ces corps, qu'il a constatée après la mort et à l'obscurité, leur absence dans les jeunes feuilles tendent plutôt à les faire considérer comme des excrétats. Mais ils rentreut mieux encore dans la catégorie des substances accessoires, formées au cours des transformations chimiques qui ont lieu dans la cellule.

C'est dans cette même catégorie de produits accessoires, qui ne sont ni des matières de réserve, ni de véritables excrétats, que M. Waage (1) place la phloroglucine, dont il a fait dans la plante une étude détaillée.

La phloroglucine (trioxybenzol symétrique) est très répandue dans le règne végétal, soit libre, soit en combinaisons complexes. Ces derniers se présentent sous forme de corps éthérés correspondant aux glucosides et qui doivent être regardés comme des *phloroglucides* (hespéritine, naringénine, phlorétine, quercetine, etc.) ou s'ils contiennent un sucre dans leurs molécules comme des *phloroglucosides* (aurantine, glycophylline, rhamnine, hespéridine, etc.).

Pour déceler la présence de la phloroglucine, l'auteur a eu recours à un certain nombre de réactions, microchimiques ou macrochimiques, pour l'énumération desquelles nous ne pouvons que renvoyer au travail même. Le principal réactif employé a été, dans tous les cas, celui de Lindt qui consiste à faire agir sur la cellule la vaniline en présence de l'acide chlorhydrique. La phloroglucine, dissoute en général dans le suc cellulaire, est précipitée alors à l'état de fines granulations rougeâtres de phloroglucivaniléine.

M. Waage a ainsi fréquemment constaté la présence de phloroglucine dans les cellules des méristèmes. Sous l'action du chlorure de vaniline, le plasma de ces cellules, en effet, se colore aussitôt. Quelques vacuoles, toutefois restent incolores ; ce fait semblerait indiquer que, comme pour le tannin,

(1) Th. Waage : *Ueber das Vorkommen und die Rolle des Phloroglucins in der Pflanze* (Berichte der deut. bot. Ges., nov. 1890).

il existe des vacuoles particulières renfermant cette substance, à côté d'autres qui en sont dépourvues.

Dans les organes axiles, l'épiderme renferme toujours de la phloroglucine quand l'écorce ou un autre tissu quelconque de la plante considérée en contient. D'une façon générale, aussi bien chez les racines que chez les tiges et les branches, les tissus ou les régions qui présentent de la phloroglucine sont : le parenchyme cortical, surtout dans sa partie externe; le sclérenchyme ; l'endoderme, les parois du liège mort; le parenchyme ligneux ; les vaisseaux et les fibres du bois ; le cambium, au niveau des rayons ; les rayons médullaires. Au contraire en sont le plus souvent dépourvus les fibres libériennnes et les tubes criblés. Pour la moelle, les cas sont variables.

Quand il y a de la phloroglucine dans l'épiderme, il y en a dans les poils. Enfin on trouve encore cette substance dans les poils radicaux et dans la coiffe.

Les rhizomes se comportent comme les racines; les réactions y sont toutefois plus fortes que chez ces dernières qui elles-mêmes, en présence du chlorure de vaniline, réagissent plus fortement que la tige.

Pétioles, nervures et pédoncules floraux présentent, mais à un degré plus faible, les mêmes réactions que les rameaux.

Lorsque les organes axiles renferment une grande quantité de phloroglucine, les feuilles en ont également. L'accumulation chez celles-ci est surtout forte sur les bords, où sont les terminaisons des nervures et où afflue le suc cellulaire ; elle est assez grande aussi au voisinage des faisceaux. En général, le parenchyme en palissade contient plus de phloroglucine que le parenchyme lacunaire; de même l'épiderme supérieur par rapport à l'épiderme inférieur.

Chez la graine mûre, la phloroglucine est presque exclusivement localisée dans les téguments.

Quant à la fréquence de la phloroglucine dans le règne végétal, les nombres suivants en donnent une idée. Sur 185 plantes examinées, 135 renfermaient cette substance : 51 en abondance, 41 en proportion moyenne, 43 en quantité faible.

Fait à noter : quand une espèce contient de la phloroglucine, toutes celle du genre en présentent. Il est à remarquer encore que les Monocotylédones et les Dicotylédones gamopétales sont particulièrement pauvres en phloroglucine qui, au contraire, est assez répandue chez les Cryptogames vasculaires et les Gymnospermes et abonde chez les Dicotylédones polypétales. Enfin, généralement, les arbres et les arbrisseaux sont plus riches que les plantes herbacées.

Il reste maintenant à rechercher où et dans quelles conditions se forme cette phloroglucine si répandue. C'est le sujet de la seconde partie du travail de M. Waage.

Nous avons vu que les graines ne contiennent le plus souvent de phloroglucine que dans leurs téguments. C'est le cas, par exemple, pour les graines de *Phaseolus multiflorus*. Or, si on enlève les téguments de ces graines, la phloroglucine n'en apparaît pas moins, à un moment donné,

dans l'embryon à l'obscurité. Ce premier fait semble indiquer que la formation de la phloroglucine dans la plante est autochtone.

Cette formation autochtone devrait même être très forte, bien plus forte que la formation analogue du tannin telle que l'admet M. Kraus, car la lumière ne paraît pas avoir d'influence directe sur l'apparition de la phloroglucine. Des plantules étiolées contiennent, en effet, cette substance en aussi grande quantité que des plantules vertes.

La production de la phloroglucine, indépendante du processus d'assimilation, a lieu dans le suc cellulaire; jamais on ne l'observe dans les grains de chlorophylle ni dans le plasma.

La phloroglucine naît probablement du sucre $C^6H^{12}O^6$ dont se sépareraient, non plus une molécule d'eau pour reproduire l'amidon ($C^6H^{10}O^5$), mais trois molécules, ce qui donne $C^6H^6O^3$. A l'appui de cette hypothèse, M. Waage fait remarquer la coïncidence des régions où se trouvent, dans la plante, la phloroglucine et l'amidon.

Généralement, la phloroglucine augmente avec le développement. Elle est souvent abondante dans les parties qui tombent, telles que feuilles, enveloppes du fruit ou de la graine. C'est ce qui amène à penser qu'elle n'est qu'un produit accessoire des transformations chimiques.

Sous plus d'un rapport, la phloroglucine doit, comme on voit, être rapprochée du tannin. L'opinion de M. Waage, et c'est aussi celle de M. Nickel (1), est du reste, que la phloroglucine est une source du tannin. Et, en effet, partout où se trouve de la phloroglucine, on rencontre toujours du tannin. Il est à peine besoin d'ajouter que l'inverse n'est pas vrai, car si le tannin peut provenir de la phloroglucine, il a aussi beaucoup d'autres origines.

Signalé un peu partout dans le règne végétal, le tannin n'avait cependant pas encore été étudié dans la grande famille des Composées, où sa présence était à peu près, jusqu'alors, restée inaperçue. Les travaux antérieurs de M. Daniel (2) sur la famille des Composées l'ont amené à l'idée d'entreprendre quelques recherches à ce sujet.

De ces recherches, il ressort tout d'abord que les tannins sont, en général, abondants dans la famille des Composées, surtout chez les Cynarocéphales. Les Chicoracées forment la tribu la plus pauvre.

Ces tannins contenus dans les Composées, ainsi que ceux des Ambrosiacées et des Dipsacées, précipitent en vert les sels de fer. Seul, le tannin du *Stenactis annua* les précipite en brun noir. Tous sont sans action sur la gélatine.

Pour une même plante, c'est, en général, dans la feuille que se trouvent, à

(1) Nickel : *Zur Physiologie des Gerbstoffs und der Trioxybenzole* (Bot. Cent. 1891, n° 13).

(2) Lucien Daniel : *Le tannin dans les Composées* (Revue générale de Botanique, 1890). — Nous signalons, à ce sujet, le récent ouvrage de M. Broemer : *Les Tannoïdes. Introduction critique à l'histoire physiologique des tannins et des principes immédiats végétaux qui leur sont chimiquement alliés.* On y trouvera le résumé de nos connaissances actuelles sur les tannins, en même temps qu'une critique des méthodes employées pour l'étude de ces corps en histologie et physiologie végétales.

poids égal, le plus de substances astringentes; c'est ensuite dans le capitule, puis dans la tige; la racine est l'organe le moins riche.

La racine jeune contient moins de tannin que la racine adulte; c'est le contraire pour la tige. La feuille, en général, est plus riche en tannin à l'état adulte qu'à l'état jeune, le parenchyme en renferme plus que les nervures.

L'étiolement, dans les feuilles végétatives, nuit au développement du tannin.

Le capitule est, chez les Composées, l'organe qui donne la mesure moyenne du tannin de chaque espèce. Cette moyenne est inférieure à celle de la feuille, mais supérieure à celles de la racine et de la tige.

Les variations du tannin dans les capitules d'âge différent sont dues, très probablement, aux variations, avec l'âge, des proportions des parties constituantes du capitule, parties qui, assez souvent, ont une teneur différente en tannin.

De quelques-uns des faits observés dans ses recherches, M. Daniel conclut, comme la plupart des auteurs qui se sont occupés avant lui de l'étude des tannins, que ces substances ne jouent pas le rôle de matières de réserve.

Chez presque toutes les Crucifères, il existe, comme on sait, un ferment particulier ou myrosine qui, en agissant sur un glucoside, provoque la formation d'essences ordinairement sulfurées. Ces essences ne préexistent pas dans la plante, et leur formation n'a lieu que dans des conditions déterminées. M. Guignard qui, dans un travail que nous avons précédemment analysé, a fait connaître la localisation des principes qui, d'une façon analogue, fournissent l'acide cyanhydrique des amandes ou du laurier-cerise, a, de même, recherché depuis chez les Crucifères la localisation de la myrosine et des principes formateurs des essences sulfurées (1).

Ces principes, de même, par suite, que les essences qu'ils engendrent sous l'influence du ferment, peuvent varier comme composition chimique suivant qu'il s'agit de telle ou telle espèce de plante. C'est ainsi que, dans les graines de Moutarde noire, le glucoside sur lequel agit la myrosine est la sinigrine ou myronate de potassium dont le dédoublement fournit de l'essence de moutarde, du sulfocyanate d'allyle, du glucose et du sulfate acide de potassium, tandis que dans la graine de Moutarde blanche, le glucoside est la sinalbine, dont le dédoublement donne en même temps que du glucose et un sulfate acide de sinapine, une essence qui paraît être de l'isosulfocyanate d'orthoxybenzyle.

Mais, quelles que soient les différences observées dans la composition chimique des glucosides ou des essences, la réaction qui engendre ces dernières est certainement partout de même ordre.

D'après les recherches de M. Guignard, le ferment particulier, ou myrosine, qui provoque cette réaction, est contenu dans des *cellules spéciales*.

De tous les organes, c'est la graine qui est le plus abondamment pourvue de ces cellules à ferment.

Dans la racine, qui n'offre d'intérêt qu'à la période secondaire, la localisation de ces mêmes cellules a lieu surtout dans le parenchyme cortical et le parenchyme libérien. Chez les racines tubérifiées, les mêmes cellules sont, en

(1) Léon Guignard : *Sur la localisation des principes actifs des Crucifères* (Journal de Botanique, novembre et décembre 1890).

outre, abondantes dans le parenchyme ligneux, relativement très développé.

Dans la tige, aérienne ou souterraine, toutes les régions peuvent en contenir, mais le lieu d'élection le plus fréquent est le péricycle ; plusieurs espèces n'en possèdent même que là.

Dans la feuille, la répartition correspond à celle de la tige. Les espèces dont la tige renferme des cellules à ferment dans l'écorce et la moelle en possèdent également dans le parenchyme du pétiole et du limbe. Quand, dans la tige, les cellules sont localisées exclusivement dans le péricycle, on ne les trouve que dans le péricycle des faisceaux foliaires.

Il en est de même pour les carpelles. L'ovule en offre parfois dans son tégument externe.

Dans les cotylédons, la localisation est la même que dans la feuille.

Isolées les unes des autres, sauf parfois dans le péricycle des faisceaux foliaires et plus souvent encore des faisceaux cotylédonaires, où elles peuvent être accolées et superposées, les cellules spéciales diffèrent ordinairement assez peu par leurs dimensions des autres éléments du tissu qui les contient ; parfois pourtant, dans les organes végétatifs surtout, elles sont plus longues et moins régulières que les cellules qui les avoisinent. On sait d'ailleurs que, chez les Laurinées, par exemple, les cellules à essence peuvent exister dans n'importe quelle partie du parenchyme, de l'écorce, de la tige et du limbe de la feuille, sans différer non plus des cellules adjacentes, non sécrétrices, par des caractères particuliers de forme et de grandeur. Il en est de même, dans d'autres cas, pour les cellules de tannin, à cristaux, etc.

Les cellules spéciales se distinguent avant tout par la nature de leur contenu, dépourvu d'amidon, de chlorophylle, d'huile grasse et d'aleurone, même dans les tissus qui sont abondamment pourvus de ces substances.

La réaction la plus caractéristique de leur contenu albuminoïde consiste dans la coloration violette qui leur est communiquée, sous l'influence de la chaleur, par l'acide chlorhydrique pur. Par l'ensemble de ses propriétés, cette matière albuminoïde diffère du protoplasma de la cellule qui la renferme, et on l'en distingue par divers réactifs. Est-elle formée par un corps chimique unique, ou bien la substance qui agit comme ferment n'en représente-t-elle qu'une partie, douée d'une constitution différente? C'est une question que l'état actuel de nos connaissances sur la nature des ferments ne permet pas de résoudre.

Pendant le développement de l'embryon, les cellules spéciales se différencient quelque temps avant la maturité de la graine, au moment où les tissus commencent à se remplir de matériaux de réserve.

Dans les organes végétatifs, leur différenciation a lieu en même temps que celles des divers tissus dans le méristème primitif. Plus tard, quand apparaissent les formations secondaires, on les voit naître et devenir distinctes, surtout par la nature de leur contenu, au même moment que les éléments du liber et du bois secondaires. Par la suite, elles s'accroissent comme les éléments du tissu qui les renferme, ou bien elles prennent parfois, avec des dimensions plus grandes, une forme quelque peu variable et différente de celle des cellules voisines.

Les expériences faites avec les organes végétatifs et avec les graines mon-

trent que le myronate de potassium ne peut être décomposé qu'autant que ces organes ou ces graines possèdent des cellules spéciales. Toutes les fois que le microscope permet d'en distinguer quelques-unes dans une partie quelconque de la plante, on peut déterminer, avec ces tissus, la formation du sulfocyanate d'allyle par l'addition du glucoside. Quand, en effet, les parties végétatives ou les graines sont très pauvres en cellules à ferment, elles ne renferment pas non plus une quantité de glucoside suffisante pour que la digestion dans l'eau, à la température convenable, de quelques grammes de cette substance puisse donner lieu directement à un dédoublement sensible.

Toutefois, dans certaines graines (*Lunaria*, *Matthiola*, etc.), l'embryon est riche en glucoside, tandis que le ferment est localisé presque exclusivement dans le tégument.

Que le ferment réside dans l'embryon, ou qu'il se trouve dans le tégument séminal, il existe toujours en quantité bien supérieure à celle qui est nécessaire au dédoublement complet du glucoside que renferme la graine. Il en est de même pour les organes végétatifs. L'analogie est complète, sous ce rapport, entre les Crucifères et les amandes amères, chez lesquelles l'émulsine contenue dans un cotylédon peut décomposer au moins quarante fois plus d'amygdaline qu'il n'en contient.

Un organe végétatif ou une graine qui n'a pas de ferment, n'a pas non plus de glucoside. Le cas d'organes sans ferment semble d'ailleurs très rare; on peut citer cependant l'*Arabis alpina* et le *Berteroa incana* : les expériences faites avec 2 grammes de graine ou de l'un quelconque des organes végétatifs de ces deux espèces ont en effet, toujours donné à M. Guignard un résultat négatif. Il est nécessaire toutefois d'ajouter qu'une espèce peut être si pauvre en principes actifs qu'il faudrait peut-être opérer sur un poids assez élevé de substance pour arriver à une conclusion certaine.

D'autres Crucifères, même assez abondamment pourvues de cellules à ferment dans les organes végétatifs, ne renferment une quantité de glucoside appréciable que dans la graine (*Cheiranthus*, etc.).

Le ferment paraît être identique dans toutes les espèces de la famille, bien que le composé dédoublable sur lequel il agit soit variable.

Dans le *Lepidium sativum*, par exemple, l'essence est formée par le nitrile alphatoluique, corps différent du sulfocyanate d'allyle. Pourtant, si l'on fait agir la tige ou les feuilles contusées sur du myronate de potassium, ce dernier est décomposé avec formation de sulfocyanate, dont l'odeur intense et caractéristique est facile à distinguer de celle de l'essence propre à cette espèce.

M. Heinricher compare les cellules spéciales des Crucifères aux laticifères des Papavéracées et aux cellules, à contenu particulier, des Fumariacées et des *Capparis*. L'importance phylogénétique qu'on leur donne ainsi semble à M. Guignard très exagérée. De l'avis de l'auteur, tout ce que l'on peut dire, c'est que les Crucifères possèdent des cellules sécrétrices bien différentes des organes sécréteurs qu'on rencontre chez les autres Phanérogames, cellules dont la nature et le rôle avaient échappé jusqu'ici à l'observation.

Henri Jumelle.

REVUE DES TRAVAUX

SUR

LA DESCRIPTION ET LA GÉOGRAPHIE DES LICHENS

PUBLIÉS EN 1890

Les monographies de deux genres de Lichens peuvent être placées en tête des ouvrages parus sur ces végétaux dans le cours de l'année 1890. M. Willey, déjà connu par un certain nombre de publications sur les Lichens de l'Amérique du Nord et surtout par l'achèvement du second volume du *Synopsis* des Lichens de cette contrée par Tuckerman, a réuni dans un important et très consciencieux travail tous les *Arthonia* végétant dans le monde entier (1). Le total des espèces de ce genre qu'il indique paraît à peu près exact, car si, sur ce nombre de 348, il convient d'un côté de retrancher l'*Arthonia Austini* Will. qui est synonyme de l'*A. dispersula* Nyl. et 10 espèces que l'auteur décrit sans leur donner de nom spécifique, il faut d'un autre côté y ajouter quelques espèces qu'il laisse de côté parce qu'il n'en a pas lu la description. Cette raison est d'autant moins suffisante pour exclure ces *Arthonia* qu'ils ont été décrits dans des ouvrages faciles à consulter; par exemple, la description de l'*A. albata* Nyl. se trouve dans les *Annal. Scienc. nat.*, 4e série, t. XI, p. 231. Après avoir constaté que ces Lichens se divisent en deux grands groupes naturels, selon qu'ils contiennent des chrysogonidies ou des gonidies vertes, M. Willey laisse de côté ce groupement naturel et répartit toutes les espèces en deux séries fondées sur la couleur de l'apothécie : le nombre de loges qui se rencontrent dans chaque spore lui fournit ensuite des subdivisions. Au point de vue de la distribution géographique, nous voyons par ce mémoire que 121 espèces d'*Arthonia* sont propres à l'Amérique, 79 à l'Europe, 40 à l'Océanie et 23 végètent sous les tropiques : les autres sont communes à deux au moins des cinq parties du monde, ou n'ont pas de localité indiquée. Les espèces nouvelles sont au nombre de 7 et proviennent ou de la Floride ou du Texas. Le nom spécifique de chaque *Arthonia* est suivi le plus souvent de nombreux synonymes, et il est toujours accompagné d'une courte description et de l'indication des réactions. L'autre monographie (2), qui est d'une importance beaucoup plus restreinte, indique les *Pertusaria* végétant en France. Elle n'a été composée que pour relever les erreurs nombreuses contenues dans l'*Étude sur les*

(1) H. Willey : *A Synopsis of the genus Arthonia*. New-Bedford, 1890.

(2) L'abbé Hue : *Les Pertusaria de la Flore française* (Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXXVII).

Pertusaria de la Flore française de M. l'abbé Olivier. Il n'y a pas lieu de nous arrêter sur ce travail, dont les points principaux ont été indiqués dans la Revue de l'année dernière (1). On peut seulement remarquer que ce n'est qu'après avoir compulsé tous les auteurs qui ont traité des *Pertusaria* de la France et après avoir consulté presque tous les botanistes qui ont quelques-uns de ces Lichens dans leur herbier, que l'auteur a rejeté les espèces que M. l'abbé Olivier y avait indûment introduites.

Pour les Lichens français, nous n'avons à indiquer cette année que la publication du 8e fascicule des *Exsiccata* de M. l'abbé Harmand (2). En Irlande, le Rév. W. Lett (3) a exploré la partie des monts Mourne située dans les comtés de Down et d'Armagh de la province d'Ulster, et dans celui de Louth de la province du Leinster. L'altitude la plus élevée de ces petites montagnes est 850 mètres; c'est celle du Slieve-Donard, point culminant de l'Ulster : le terrain est formé de granit, de basalte et de schiste, et sur un point assez restreint on y rencontre le calcaire carbonifère. Sur un espace de 560 milles carrés, M. Lett a récolté 275 Mousses, 64 Hépatiques et 85 espèces ou variétés de Lichens. Ces derniers appartiennent pour une petite partie aux flores maritime et subalpine; les autres sont ceux que l'on rencontre partout. Le travail de M. Lett présente un grand intérêt, parce que c'est la première fois qu'un botaniste ait été récolter des Lichens dans cette contrée. Leighton, dans sa Flore des Lichens de la Grande-Bretagne, ne cite qu'une seule espèce provenant des monts Mourne, le *Graphis scripta* f. *divaricata* Leight., et l'amiral Jones, qui a cependant exploré ces comtés, n'en a rapporté aucun Lichen. En remontant vers le nord de l'Europe, M. Hellbom (4) nous offre une flore complète des Lichens de la petite île danoise de Bornholm. Ce remarquable mémoire attribue 315 espèces de Lichens à cette île dont la superficie est à peu près celle de notre département de Seine-et-Marne; ces 315 Lichens représentent plus des trois quarts du total du Danemark, puisque dans cette contrée on n'en a encore observé que 397. Dans une savante introduction, M. Hellbom passe en revue les roches qui forment le sol de cette île, et énumère les espèces qu'il a recueillies sur ces différents substratums : c'est le granit qui y domine, on y voit aussi quelques grès, un peu de calcaire, etc. Dans son énumération il suit la classification de M. Th. Fries, donnant un plus grand nombre de genres que M. Nylander, mais restreignant les espèces de ce dernier, dont souvent il ne fait que des variétés. En vertu de la loi de priorité, cet auteur change le nom de deux espèces : le *Ramalina fastigiata* Persoon (1794) doit prendre le nom de *R. populina* Ehrhart (1785), et le *Parmelia exasperatula* Nyl. (1873) est le *P. papulosa* (Anzi, 1868). Si nous descendons vers le sud, l'infatigable M. Zahlbruckner nous présente trois mémoires par lesquels il nous fait connaître les Lichens : 1° du Monténégro (5). Ce pays a été

(1) *Revue générale de botanique*, t. II, p. 404.

(2) L'abbé Harmand : *Lichenes in Lotharingia.*

(3) Rév. W. Lett : *Report on the Mosses, Hepatics and Lichens of the Mourne mountain district.* Dublin, 1890 (Proceedings of the Royal irish Academy).

(4) P.-J. Hellbom : *Bornholms Lafflora.* Stockholm, 1890.

(5) Dr A. Zahlbruckner : *Plantæ montenegrinæ*, Lichenes. Cracovie, 1889.

exploré par le Dr Ign. Szyszlowiez, de Vienne, et il s'est avancé un peu dans l'Albanie ; il a rapporté de son voyage de six semaines environ 59 Lichens, ce qui est peu pour un pays de montagnes. Mais il est bon de remaquer que les explorations ne sont pas faciles à opérer dans ces régions et M. Szyszlowiez a échappé avec peine aux mains des Albanais. Les autres récoltes de Phanérogames et de Cryptogames paraissent plus importantes que celles des Lichens qu'a déterminés M. Zahlbruckner. En second lieu, ce dernier a parcouru lui-même la Petite Tauern (1) en Autriche, et des trois herborisations qu'il y a faites, il en a rapporté 66 Lichens récoltés sur le granit et le schiste micacé : ce sont les espèces à thalle fruticuleux et foliacé qui dominent, car elles forment un peu plus de la moitié de la collection. Quelques-unes appartiennent à la flore alpine, ce lichénographe ayant fait l'ascension du Steinkar, dont l'altitude est de 2,200 mètres. Troisièmement, enfin, M. Zahlbruchner achève sa flore des Lichens de la Basse-Autriche (2), dont les deux premières parties ont paru en 1885 et 1888. Si on retranche les espèces communes à ces trois publications, on obtient un total de 187 espèces, énumérées suivant les méthodes de Koerber et de M. Th. Fries. La même remarque est à faire ici comme pour l'ouvrage de M. Hellbom, c'est-à-dire que si l'on suivait la classification de M. Nylander, ce total se trouverait plus élevé. Dans cet opuscule, M. Zahlbruckner a fait souvent suivre le nom de l'espèce de quelques synonymes ou de remarques critiques et descriptives. Avec M. le professeur Kernstock nous pénétrons dans le Tyrol (3) pour aller ensuite en Italie. M. Kernstock, qui est loin d'être un inconnu dans la lichénographie, a, marchant sur les traces de M. Arnold, parcouru une partie de ce Tyrol que le savant lichénographe de Munich ne cesse d'explorer depuis trente ans, et ses investigations se sont portées sur deux points principaux : Pinzolo et Bozen. Pour le premier point, Pinzolo, M. Kernstock énumère successivement les Lichens qu'il a récoltés sur différents substratums, sur des roches variées, sur les murs de l'église de Saint-Vigile, sur la terre, les Mousses, le bois et sur les écorces d'arbres d'essences diverses ; comme certaines espèces sont communes à ces listes, il est difficile de se rendre compte du total des espèces qu'elles renferment. Quant au second point visité, Bozen, le nombre s'en élève à 164. Ce n'est pas une simple et sèche énumération que cet auteur a faite ; souvent, il décrit au moins sommairement le Lichen, en indique les réactions, la mesure des spores, etc. A la fin de quelques-unes de ses listes, il place un certain nombre de Lichens parasites dont plusieurs au moins devraient peut-être être rangés au nombre des Champignons. Il est cependant impossible de quitter le centre de l'Europe sans signaler l'apparition des numéros 78-142 des *Exsiccata* des Lichens de Munich de M. le Dr Arnold (4) et celle des numéros 1497-1514 de

(1) Dr A. Zahlbruckner : *Zur Lichenenflora der Kleinen Tauern.* Gratz, 1889 (aus den Mittheilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines fur Steiemark).

(2) Dr A. Zahlbruckner : *Beiträge zur Flechtenflora Nieder-Œsterreichs.* Vienne, 1890 (aus den Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft).

(3) Prof. Kernstock : *Lichenologische Beitrage* (aus den Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, 1890).

(4) F. Arnold : *Lichenes Monacenses exsiccati.*

ses autres *Exsiccata*. Les numéros 1493-1496 sont des photographies de *Cladonia* par lui récoltés antérieurement dans les environs de Munich. Avec M. Jatta nous descendons dans l'Italie méridionale (1). Cet auteur indique 583 espèces de Lichens (dont 12 dans l'Appendice) pour la région comprise entre le sud de la Sicile et les fleuves du Latium et du Picenum, le Tibre avec son affluent la Néra, et le Truentus. Il a obtenu ce total soit par ses propres herborisations, soit par celles de ses correspondants, soit encore en compulsant les herbiers des Universités de Naples, de Rome et de Pavie et celui de l'École d'agriculture de Portici. Cependant les limites établies ci-dessus sont parfois franchies, car M. Jatta cite un certain nombre de Lichens de la Sardaigne. Sa classification se rapproche beaucoup de celles de Kœrber et de Massalongo ; mais a-t-il eu raison de confondre dans un même genre, à l'exemple de Tuckerman, tous les Stictés, qu'ils aient des gonidies vertes ou bleues, des cyphelles ou qu'ils n'en possèdent pas. Il est permis d'en douter, car les groupements adoptés ordinairement pour ces Lichens sont tout à fait naturels. On peut encore se demander s'il est bien conforme à la nature de placer, comme l'a fait M. Jatta, les *Sphærophoron* qui ont l'apothécie entourée d'une enveloppe déhiscente dans la même famille que les *Stereocaulon* et les *Cladonia* qui l'ont nue. Chaque espèce, à l'exception de celles provenant de la Sardaigne, est accompagnée d'une courte description ; la mesure des spores s'y trouve rarement et M. Jatta répudie l'usage des réactifs. Les espèces qui lui appartiennent en propre dans cet ouvrage sont au nombre de 11, dont une seule n'avait pas encore été publiée. *Urceolaria sicula ;* on y remarque aussi 7 variétés qu'il a créées, dont une paraît ici pour la première fois : *Amphiloma pusillum* var. *umbraticum* et enfin un genre nouveau : *Lecaniella*.

Pour l'extrémité orientale de l'Asie, le Japon, nous avons un ouvrage de M. Nylander (2) qui est d'une importance capitale pour la distribution géographique des Lichens. Sur les 383 espèces qui appartiennent à la flore du Japon (M. Nylander n'en compte que 382, mais il faut ajouter à ce total l'*Opegrapha subsimilata* Nyl.), 209 se retrouvent en Europe. Cette proportion d'espèces à la fois européennes et exotiques est considérable, car dans la Nouvelle-Zélande elle n'est que de 97 sur 371, et dans la Nouvelle-Calédonie elle est encore moindre, 27 sur 220. Il paraît constant que cette proportion, grande dans le nord des continents, c'est-à-dire vers le pôle nord, descend rapidement quand on va vers le sud : dans les terres équatoriales, on rencontre un grand nombre de *Graphis* et de *Thelotrema* par exemple, qui ne sont pas représentés en Europe L'examen des *Lichenes Freti Behringii* de M. Nylander (3) a prouvé la vérité de cette assertion pour le nord, et elle est également démontrée pour le sud par ses Lichens de Labuan et Singapore, qui viennent de paraître. Parmi les espèces reconnues communes au Japon et à l'Europe, il en est quelques-unes qui jusqu'alors n'avaient été observées que sur notre continent ; telles sont *Stenocybe euspora* Nyl., *Coniocybe*

(1) A. Jatta : *Monographia Lichenum Italiæ meridionalis*. Trano, 1889, avec 9 planches coloriées.

(2) W. Nylander : *Lichenes Japoniæ*. Parisiis, 1890.

(3) *Revue générale de Botanique*, t. I, p. 397.

gracilenta Ach., *Leptogidium Moori* (Hepp), *Pertusaria amara* (Ach.), *Agyrium rufum* (Pers.), etc. Les espèces nouvelles pour la flore japonaise sont au nombre de 108, et les genres qui en ont le plus sont les *Pertusaria*, 16 sur un total de 23, et les *Lecidea* qui en ont 44 sur 90 énumérées. Il est tout à fait digne de remarque qu'un de ces Lichens nouveaux, le *Lecanora xanthophæa* Nyl. a été récolté presque en mêmet emps dans l'Amérique du Nord, dans le territoire de Tennessee par le D. Calkins. Tous ces Lichens du Japon ont été recueillis en 1879 par le Dr Almquist au retour de l'expédition de la *Véga* conduite par M. Nordenskiœld. Ce travail de M. Nylander est donc la suite de ses *Lichenes Freti Behringii* dont il a été question plus haut. Il y a ajouté quelques espèces qui avaient recueillies auparavant soit dans le Japon même, soit dans les îles Ogassawara, que nous appelions jadis îles Bonin, parce que les Japonais les avaient nommées Mou-nin, quand elles étaient inhabitées. Cette collection rapportée par M. Almquist est encore intéressante, parce qu'elle renferme beaucoup de Lichens saxicoles, lesquels font trop souvent défaut dans les récoltes de Lichens exotiques. De plus il ne s'est pas contenté d'explorer le rivage de la mer, il a fait l'ascension de plusieurs montagnes et notamment du mont Foujiyama, qui tient le second rang pour l'altitude parmi les monts de l'empire japonais.

Après être resté près d'un mois sur les côtes du Japon, du 25 septembre au 23 octobre 1879, la *Vega* continuant sa route vers l'Europe, s'arrêta trois jours, du 17 au 20 novembre, dans la petite île Labuan, située près de Bornéo. M. Nylander a énuméré à la suite de ses Lichens du Japon une partie de ceux qui ont été recueillis dans cette île. Mais comme il vient de donner une liste complète des Lichens de cette partie de l'Océanie, il n'y a pas lieu, pour le moment, de s'y arrêter plus longtemps. M. Muller (1) a revisé les Lichens récoltés sur des feuilles, par Beccari, dans l'île de Bornéo, pendant les années 1866-1867. Ils avaient été déterminés par Krempelhuber et publiés en 1874 dans un petit opuscule que celui-ci fit imprimer par son fils. Sur les 24 espèces de Krempelhuber, 3 seulement ont paru, à M. Muller, bien nommées; ce sont : *Leptogium foliare* Krempelh., *Cœnogonium tenuiissimum* Krempelh. et *Platygrapha striguloides* Nyl. C'est à tort que M. Muller attribue à Kempelhuber la paternité de cette espèce; elle appartient à M. Nylander qui l'a d'abord appelée ainsi, puis l'année même où paraissait le Mémoire de Krempelhuber il en changea le nom en *P. strigulina* et la décrivit dans ses *Lichenes insularum Andaman* p. 13. Quant au *Cœnogonium*, on peut se demander s'il appartient bien aux Lichens, car il est stérile. Une quatrième espèce, le *Leptogium crispulum* Krempelh., paraît douteuse à M. Muller, et enfin sur les 20 qui restent, il en fait passer 14 d'un genre dans un autre pour qu'ils puissent entrer dans sa classification, 4 lui semblent mal nommés et 2 sont relégués parmi les Champignons, de sorte qu'après la revision de M. Muller et les observations ci-dessus, une seule espèce, le *Leptogium foliare*, reste telle que Krempelhuber l'a faite.

Dans quelques observations que M. Nylander a placées à la fin de ses *Lichenes Japoniæ*, il décrit un certain nombre de Lichens appartenant à l'Améri-

(1) J. Muller : *Lichenologische Beitræge* (Flora, 1890).

que du Nord ; quelques espèces avaient déjà été définies par Tuckerman, d'autres proviennent de l'herbier de M. Willey, l'auteur du Synopsis des Arthonia, et dans ce premier groupe on remarque un bon nombre de *Pyrenopsis*. D'autres sont nouvelles, et parmi celles-ci on peut citer *Lecanora aphanotripa* Nyl., du Mexique ; *L. minutella* Nyl., du Tennessee ; *Arthonia ochrodiscodes* Nyl., de la Floride ; *A. viridicans* Will., du Texas ; *Graphis sophisticascens* Nyl., du Missouri ; *Verrucaria prospersella* Nyl., des environs de Chicago ; *V. concatervans* Nyl. de la Floride, etc. Enfin M. Nylander donne la description d'un Lichen singulier, le *Schizopilte Californica* Th. Fr. qui appartient à un genre nouveau, lequel doit prendre place près des *Roccella*.

M. Muller, avec ses *Contributions lichénologiques* déjà citées, nous conduit dans l'Amérique du Sud, où il étudie principalement des Lichens foliicoles récoltés dans le Brésil par Puiggari et Glaziou. Il a formé 4 genres nouveaux : 1° *Micrographa* avec 3 espèces dont 2 nouvelles : *M. abbreviata* et *M. anisomera* ; 2° *Pycnographa* avec une seule espèce qui est nouvelle : *P. radians* ; 3° *Phyllobathelium* qui n'a qu'une espèce placée auparavant dans le genre *Bathelium* ; 4° *Microtheliopsis* dont l'unique espèce est nouvelle : *M. Uleana*. Puis un ancien genre de Fée, *Aulaxina*, a été repris et 2 espèces lui sont attribuées : *A. opegraphina* Fée et *A. velata*. Muell. ; cette dernière est une nouveauté. M. Mueller place ce genre parmi les Xylographidés, et en même temps il répudie complètement l'*Echinoplaca epiphylla* Fée qu'il regarde comme étant le *Lopadinm vulgare* Mull. Parmi ces Lichens foliicoles du Brésil, il s'est rencontré 14 espèces nouvelles que le savant lichénographe de Genève décrit avec soin, pendant qu'il passe en revue quelques espèces anciennes de l'île de Cuba, de la Guyane, etc. Mais il est en désaccord avec M. Nylander quand il indique le *Parmelia gossypina* var. *filamentosa* Mont. comme synonyme du *Byssocaulon niveum* Mont. M. Nylander reconnaît là 3 espèces : le *Crocynia gossypina* Ach., le *Byssocaulon niveum* Mont. et le *Byssocaulon filamentosum* Nyl. (1). M. Muller termine son article en rejetant parmi les Champignons quelques espèces comptées jusqu'alors parmi les Lichens et en donnant la description de la fructification d'un nouveau Lichen végétant sur les feuilles, l'*Orthidium*. Sans sortir du Brésil, nous arrivons à un ouvrage qui fait une révolution complète dans la classification des Lichens. M. Wainio (2) part de ce principe que les Lichens ne se distinguent des Champignons Ascomycètes que par leur symbiose avec les Algues. En effet, les différences que l'on regardait comme capitales entre les Lichens et les Ascomycètes étaient fondées principalement sur de prétendues dissemblances de fécondation. Ainsi les spermaties passaient pour les organes mâles de la fécondation des Lichens. M. Möller en les cultivant les a fait germer et a obtenu un thalle bien conformé. Les spermaties ne sont donc que des conidies et M. Wainio les nomme des *pycnoconidies*. Quant aux ascogones observés par Stahl dans certains Lichens ou aux trichogynes, ce ne sont pour M. Wainio que des réservoirs nutritifs. Il propose donc de diviser les *Gmnocarpes* en *Discomycètes* et en *Discolichens*, et les *Py-*

(1) Voir abbé Hue : *Lichenes exotici*, p. 182.

(2) Ed. Wainio : *Étude sur la classification naturelle et la morphologie des Lichens du Brésil*. Helsingfors, 1890.

rénocarpes en *Pyrénomycètes* et en *Pyrénolichens*. Mais pour plus de clarté, il juge convenable d'adopter pour les Lichens la dénomination générale d'*Ascophytes* de Th. Fries, réservant celle d'*Ascomycètes* pour les Cryptogames privés de gonidies, et alors les Lichens deviennent des *Ascophytes* se divisant en *Discolichens* et en *Pyrenolichens*. A ces deux grands groupes, M. Wainio ajoute les Lichens imparfaits, c'est-à-dire ceux qui se présentent ordinairement sans fructification, comme les *Cora*, les *Siphula*, les *Lepraria*, etc. Un bon nombre des tribus appartenant aux Lichens n'ont aucun représentant parmi les *Ascomycètes*, tandis que d'autres comme les *Buelliées*, les *Lécidées*, les *Lécanactidées*, les *Graphidées*, les *Caliciées* et les *Pyrénolichens*, représentent un développement plus ou moins marqué de certains des groupes des *Ascomycètes*. Enfin les Lichens que l'on rencontre toujours dépourvus de gonidies comme les *Lecidea resinæ* Fr., *Calicium parietinum* Ach., *Verrucaria epidermidis* Ach., ou ceux qui sont parasites sur d'autres Lichens sans posséder de thalle propre, reçoivent le nom de *Pseudo-Lichens*. Quant à la distinction des espèces et à leur groupement, M. Wainio rejette complètement les classifications fondées sur l'aspect extérieur du thalle, car il n'est pas rare de trouver dans le même groupe naturel des Lichens qui ont un thalle foliacé ou fruticuleux et d'autres qui l'ont crustacé; par exemple, les *Sphærophoron* et les *Calicium* appartiennent au même gronpe; il en est de même de l'*Endocarpon miniatum* et des *Verrucaria*. Il s'appuie pour établir une classification naturelle sur l'examen de la structure interne du thalle, des gonidies, des spores et des paraphyses; c'est pourquoi, pour ne citer qu'un exemple, les *Physcia*, qui pour M. Nylander forment une tribu distincte, sont réunis, pour les espèces à spores brunes, par M. Wainio aux *Pyxine*, *Rinodina* et *Buellia* dans la tribu des *Buelliées*. Il serait trop long de reproduire ici toute sa classification; qu'il nous suffise de dire que les *Discolichens* sont partagés en trois grands groupes : 1° les *Cyclocarpées* qui renferment un très grand nombre de genres; 2° les *Graphidées*; 3° les *Coniocarpées*; ce dernier groupe n'a que deux subdivisions : les *Sphærophorées* et les *Caliciées*. M. Wainio a été conduit à la publication de cette nouvelle classification par l'étude qu'il a faite au Muséum de Paris d'une collection considérable de Lichens qu'il a recueillie lui-même, en 1885, au Brésil, dans les provinces des Mines et de Rio-de-Janeiro. Cette collection comprend 514 espèces ou sous-espèces dont plus de la moitié, 230, sont nouvelles. Dans ce nombre ne sont pas compris les *Cladonia* qui sont énumérés dans un travail spécial (1). Toutes ces espèces sont minutieusement décrites et leurs affinités sont indiquées ainsi que les réactions. De plus, de nombreux synonymes sont placés en tête des espèces déjà connues et souvent des erreurs sont redressées. Le défaut d'espace ne nous permet pas de reproduire toutes les espèces nouvelles de M. Wainio; nous nous contenterons de citer les genres qu'il a créés : 1° dans les *Stictées*, le genre *Pseudo-cyphellaria* comprenant les espèces à fausses cyphelles des *Sticta* et *Stictina* de M. Nylander; 2° les genres *Leptodendricum*, *Lepidocollema*, *Leprocollema*, *Pterygio-*

(1) Wainio : *Monographia Cladoniarum universalis*. Helsingfors, 1887 (le premier volume seul a paru).

psis et *Calothricopsis* dans les *Collémées*; 3° la tribu des *Lécidées* n'a qu'un genre nouveau : *Sphærophoropsis*; 4° la 21e tribu des *Cyclocarpées*, *Pilocarpées*, ainsi que son genre unique, *Pilocarpon*, a été créée pour renfermer la *Lecidea lecoblephara* Nyl., le *Biatora tricholoma* Mont. et les espèces qui leur sont alliées. Dans les *Graphidées*, qui sont la seconde section des *Discolichens*, nous ne trouvons qu'un genre nouveau : *Acanthothecium*, et dans la troisième et dernière section, *Coniocarpées*, se trouve indiqué un genre nouveau, *Tylophorella*, fait pour une partie du n° 2891 de la collection Lindig, de la Nouvelle-Grenade. M. Nylander a nommé ce numéro, *Tylophoron moderatum* (1). Dans les *Pyrenolichens*, on voit d'abord le genre *Coriscium* fait pour le *Normandina viridis* (Ach.) Nyl., puis les genres *Aspidothelium* et *Aspidopyrenium*. Ne peut-on pas s'étonner que M. Wainio ait rencontré tant d'espèces nouvelles dans un pays relativement bien connu et qui a été parcouru par des explorateurs sérieux, tels que MM. Glaziou et Puiggari ? Il est incontestable que le nombre de Lichens nouveaux augmente chaque année dans des proportions considérables, mais il arrive aussi que les espèces nouvelles d'un lichénographe sont regardées par un autre lichénographe comme étant des espèces déjà connues. En sera-t-il de même pour les nouveautés de M. Wainio ? Nous aimons à croire que non, et en tout cas, son livre a un mérite réel.

Il ne nous reste plus à parler que de deux publications relatives aux Lichens de l'Afrique. L'une est du savant lichénologue de Constance, M. Stizenberger, dont nous aurons à faire connaître l'année prochaine d'importants travaux (2). Il a réuni cette année les Lichens qui ont été observés dans l'île de l'Ascension; il en compte 29, provenant principalement de deux collecteurs : le Dr Wavra, dans le voyage de la corvette la *Caroline*, et le Dr Naumann dans l'expédition de la *Gazelle*. A ces récoltes, M. Stizenberger ajoute une espèce citée par le Rév. Crombie dans ses Lichens de l'expédition du *Challenger*, deux qui sont citées dans le *Synopsis Lichenum* de M. Nylander et une qui se trouve dans la *Lichenographia universalis* d'Acharius, le *Lecanora Adscensionis*, mais d'après l'opinion de M. Nylander cette dernière espèce est le *Physcia Ægialita* Nyl. La seconde publication est de M. Muller (3) et contient des Lichens de l'est de l'Afrique qui proviennent de trois sources : 1° du voyage que le lieutenant de vaisseau au service de l'Autriche, le chevalier von Höhnel a exécuté de concert avec le comte Teleki dans le territoire de Leikipia, près de Kenia et du mont Kilimandscharo ; 2° des explorations faites par les voyageurs anglais les Révérends Hannington et Johnston et M. Last dans la contrée située entre le Victoria-Nyanza et la côte de Zanzibar ; 3° enfin de ceux que l'explorateur allemand, le Dr Meyer a recueillis dans l'Usambara et sur les pentes du Kilimandscharo. Toutes ces récoltes ont donné à M. Muller 82 espèces, réparties en 34 genres, et parmi elles il a reconnu 14 espèces nouvelles. Mais pour les Lichens de M. Meyer, ce n'était qu'une révision, car ils avaient été détermi-

(1) W. Nylander : *Prodromus Floræ Novæ Granatensis*, ed. 2a, p. 7.
(2) E. Stizenberger : *Die Lichenen der Insel Ascension* (Flora, 1890).
(3) J. Muller : *Lichenes Africæ tropico-orientalis* (Flora, 1890).

nés précédemment par M. Stein (1), inspecteur du jardin botanique de Breslau, mais si malheureusement, dit M. Muller, que beaucoup d'espèces nouvelles furent méconnues, et que la plupart des espèces regardées comme nouvelles appartiennent à des Lichens déjà connus. Ainsi des 5 nouveautés de M. Stein provenant du Kilimandscharo, 4 sont rejetées par M. Muller : le *Stereocaulon Meyeri* Stein est le *St. ramulosum* var. *farinaceum* Th. Fr. (cependant M. Stizenberger dans sa *Lichenæa africana*, p. 23, regarde cette espèce comme bien nommée par M. Stein); le *Ramalina Meyeri* Stein est le *R. polymorpha* Ach.; l'*Urceolaria Steifensandii* Stein est l'*U. scruposa* var. *cæsio-cinerea* Mull., et enfin le *Pyrenula Gravenreuthii* Stein est le *Melanotheca cruenta* Mull. Pour les Lichens d'Usambara, M. Stein est plus heureux car M. Muller ne fait que changer de genre ses deux espèces nouvelles. Mais M. Muller a aussi revisé les Lichens du Congo également déterminés par Stein, et là le désastre est complet. En effet, sur les 8 espèces ou variétés présentées comme nouvelles par ce dernier, il n'y en a que 2 qui soient vraiment des nouveautés et encore ont-elles reçu des faux noms. Ainsi le *Dimelœna Stanleyi* Stein doit s'appeler *Buellia Stanleyi* Muell. et le *Myxodiction icmadophiloides* Stein reçoit le nom de *Helminthocarpon Congoense* Mull. De plus le Lichen que Stein a regardé comme étant le *Phæographis tortuosa* Mull. est une nouveauté qui reçoit le nom de *Phæographis paragrapta* Mull. Enfin le Lichen des îles Philippines que M. Stein avait donné comme nouveau, le *Psorothecium Schadenbergianum* Stein, est simplement le *Patellaria atro-rubricans* Muell.

(1) Voir *Revue générale de botanique*, t. II, p. 407.

Abbé Hue.

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891

I. Anatomie de la cellule.

1°. *Constitution de la cellule.*

Un grand nombre de naturalistes, avec Nägeli et M. Pfeffer, identifient la structure de la substance vivante à la structure moléculaire; d'autres, comme MM. Berthold, Bütschli, Plateau, Quincke, etc., revenant à l'opinion des anciens auteurs, considèrent le protoplasma comme un simple liquide ou un mélange de plusieurs liquides; d'autres enfin, avec M. Brücke, regardent le protoplasma comme doué d'une organisation spéciale propre à la substance vivante. En partant des idées de M. Brücke, M. J. Wiesner (1) vient de publier un important travail que l'on peut considérer comme l'effort le plus considérable qui ait été fait depuis les publications de Nägeli, pour expliquer à la fois la structure élémentaire et le mode de croissance de la substance vivante.

Après une introduction où se trouvent nettement et clairement exposés le but et les tendances de l'ouvrage, un chapitre est consacré à la critique approfondie des recherches entreprises jusqu'ici sur le même sujet. La plus large place est faite, on le conçoit, à la théorie des micelles de Nägeli qui a eu, en Allemagne du moins, sur les recherches d'anatomie et de physiologie végétales, une influence si considérable qu'elle les domine pour ainsi dire presque toutes. On sait que, d'après Nägeli, les substances organisées sont formées de corpuscules cristallins doublement réfringents, les micelles, libres de toute adhérence, mais placés régulièrement les uns à côté des autres. A l'état humide, les micelles par suite de leur attraction plus grande pour l'eau que pour eux-mêmes, s'entourent d'une enveloppe liquide; l'attraction des micelles pour l'eau est en raison inverse des dimensions de leurs axes. A l'état sec, les micelles se touchent. La croissance des substances organisées résulte, d'une part de la croissance des micelles et d'autre part de l'intercalation de nouveaux micelles entre ceux qui existent déjà. Les micelles s'accroissent par apposition comme les cristaux et ils naissent pour ainsi dire spontanément à la façon des cristaux, de sorte que le processus

(1) J. Wiesner : *Die Elementarstructur und das Wachsthum des lebenden Substanz*, n-8, 284 p., Wien., A. Hölder, 1892.

tout entier de la croissance est une sorte de cristallisation. Nägeli invoquait entre autres faits empiriques favorables à sa théorie, la réaction des membranes végétales, des grains d'amidon, des cristalloïdes protéiques, vis-à-vis de la lumière (double réfringence, etc.), et la striation des membranes et des grains d'amidon. Or, MM. Brewster et von Ebner ont démontré que des influences variées, pression, tension, etc., sont susceptibles de modifier les propriétés optiques des membranes végétales ; il paraît donc superflu de faire intervenir une structure micellaire. Nägeli attribuait la striation des membranes des grains d'amidon à l'existence de couches alternativement riches et pauvres en eau, existence qu'expliquait facilement l'attraction inégale des micelles pour ce liquide. D'après Nägeli lui-même, la striation devait dès lors disparaître par la dessiccation. Or il résulte des observations de M. Wiesner que la striation ne disparaît jamais complètement, et que dans certains cas même elle devient plus apparente. Nous renvoyons au mémoire pour la suite de cette discussion dont la conclusion est que les théories basées uniquement sur les lois de la physique moléculaire ou sur les propriétés des liquides sont impuissantes à expliquer tous les processus vitaux.

Passant ensuite à l'exposition de sa propre doctrine, M. Wiesner pose d'abord comme un axiome que dans l'intérieur d'un organisme, le vivant naît toujours du vivant, l'organisé de l'organisé. Toutes nos connaissances, dit-il, nous prouvent qu'un noyau, un grain de chlorophylle, etc., ne se forment jamais spontanément aux dépens de simples substances chimiques : sucre, corps gras, albuminoïdes, etc. L'auteur montre ensuite l'importance de la division dans la vie des plantes et des animaux qu'elle domine pour ainsi dire. Les organes se développent par suite de la division des cellules, les cellules résultent de la division d'autres cellules, les noyaux de la division d'autres noyaux, et la division s'observe autant que nos moyens d'observation nous permettent de le constater dans toutes les petites individualités organisées que l'on trouve dans l'intérieur des cellules, grains de chlorophylle, leucites, etc. Dès lors l'opinion que la division se retrouve dans des parties vivantes de la cellule que nos moyens d'investigation ne nous permettent pas d'atteindre lui paraît absolument justifiée. Comme on ne connaît pas dans l'organisme d'autre mode de nouvelle formation de substance vivante que la division, à moins d'admettre la génération spontanée du vivant aux dépens de l'inerte, on est conduit, dit M. Wiesner, à admettre comme une nécessité logique que le protoplasma ne saurait sans division intérieure se régénérer. Lorsque, par exemple, une cellule de méristème s'est divisée plusieurs fois et qu'elle a ainsi multiplié sa substance vivante, cette nouvelle formation de protoplasma est le résultat d'une division intérieure.

Il résulte de cette argumentation que les parties vivantes de la cellule sont formées de petites individualités organisées qui possèdent la propriété de se multiplier par division. Mais si ces individualités se divisent, elles doivent s'accroître, et si elles s'accroissent, elles doivent assimiler. Dès lors la substance vivante doit consister en un ensemble de petites individualités possédant la propriété de se diviser, de s'accroître et d'assimiler dans le sens le plus large du mot. M. Wiesner donne à ces individualités le nom de *plasomes*.

Le dernier organe élémentaire de la plante n'est donc pas la cellule, mais le plasome; la cellule est par rapport au plasome un véritable organisme. La loi de l'unité dans la structure interne de la plante ne se trouve pas pour cela altérée, seulement le plasome remplace la cellule comme plus simple élément de l'organisation.

Les plasomes s'unissent entre eux comme s'unissent les cellules d'un tissu, cette union s'effectuant sans doute de façons très diverses, mais toutefois de telle sorte que les plasomes soient en contact au moins partiellement avec les liquides cellulaires. De même que les cellules d'une plante diffèrent les unes des autres par leur structure et leurs fonctions, de même les plasomes d'une cellule se différencient de façon à s'adapter aux diverses manifestations de son activité. Cette différenciation peut être extrêmement faible chez certains organismes unicellulaires; il en est d'ailleurs de même parfois chez les plantes supérieures où l'on peut voir l'ensemble des plasomes d'une cellule aboutir seulement à la formation d'une membrane (fibres diverses, vaisseaux, etc.). De même que les cellules cambiales se fusionnent quelquefois pour former des individualités plus élevées, par exemple des vaisseaux, les plasomes peuvent en se fusionnant donner naissance à des individualités d'ordre supérieur, membrane cellulaire, noyau, corps chlorophylliens, etc. De même que dans les tissus vivants des cellules peuvent disparaître par une sorte de dissolution, des plasomes peuvent dans des parties vivantes de la cellule se dissoudre et ainsi s'éliminer complètement.

La croissance du protoplasma, du noyau, de la membrane cellulaire et en général de toutes les parties organisées de la cellule s'effectue de la même manière que la croissance d'un organe multicellulaire ; de même que la croissance de l'organe résulte de l'accroissement et de la multiplication de ses cellules, la croissance de la cellule est la conséquence de l'accroissement et de la multiplication de ses plasomes.

Le plasome s'accroît par absorption de matières dissoutes qui pénètrent dans sa masse conformément aux lois de la diffusion et y sont assimilées.

L'existence des plasomes ne saurait être démontrée par l'observation directe mais se déduit des phénomènes vitaux comme celle de l'atome et de la molécule des phénomènes chimiques et physiques. De même, dit l'auteur, que la molécule représente la plus petite quantité de matière qui puisse exister à l'état de liberté et l'atome la plus petite quantité de matière qui puisse entrer en combinaison, le plasome représente le plus petit corps de l'organisme qui soit apte à la division, à la croissance, à l'assimilation.

Le travail se termine par un certain nombre de considérations d'un très grand intérêt ayant pour but de rattacher la théorie des plasomes aux théories actuelles de l'hérédité, de l'origine et de la durée de la vie.

Nous ne savons quel sort les progrès futurs de la science réservent à la théorie de M. Wiesner, mais cette théorie a du moins le grand mérite, en dehors de sa haute valeur spéculative, de n'être en opposition avec aucun fait, d'en expliquer la généralité et de s'appuyer sur un ensemble de données qui paraissent aujourd'hui définitivement acquises. C'est ce qui fait sa grande supériorité sur les théories physico-moléculaires qui sont toutes plus ou moins en désaccord avec les faits et reposent sur une base absolument

inconnue la structure moléculaire. M. Wiesner ouvre en outre aux chercheurs une nouvelle voie qui ne saurait manquer d'être féconde en résultats.

M. Altmann (1), à l'aide d'une technique spéciale, a constaté l'existence dans le protoplasma et le noyau de corpuscules arrondis extrêmement nombreux (*granula*) qu'il considère comme représentant les organes élémentaires de la cellule, et qu'à ce titre il désigne sous le nom de *bioblastes*. Les bioblastes ne sont pas identiques aux plasomes de M. Wiesner, mais sont formés de plasomes; ces derniers échappent par leur petitesse à nos moyens d'observation. Tandis que pour M. Wiesner, les organismes inférieurs, les bactéries, par exemple sont des colonies de plasomes, pour M. Altmann, une bactérie représente un seul bioblaste ou comme il dit un *autoblaste ;* les cellules des organismes supérieurs sont des colonies de bioblastes, ou par opposition de *cytoblastes*, plongés dans un liquide indifférent; dès lors une de ces cellules correspondrait à nne zooglée de bactéries. Les bioblastes d'après l'auteur se multiplient par division; toutefois M. Altmann ne repousse pas l'idée d'une genèse spontanée de bioblastes aux dépens du liquide ambiant, bien qu'il la considère comme invraisemblable. Il est disposé à admettre que les bioblastes sont de nature cristalline. Il serait remarquable qu'il n'en fût pas ainsi, ajoute-t-il, car la nature ne se présente pas sous deux aspects différents, elle n'a qu'une loi qui domine tout, le vivant et le mort.

En employant les méthodes de coloration signalées par M. Altmann, M. A. Zimmermann (2) a lui aussi observé les *granula* dans les cellules végétales. Mais il se préoccupe peu de leur signification comme organes élémentaires; il cherche surtout à montrer leur importance dans les échanges de matière.

2° *Multiplication cellulaire et fécondation.*

On sait aujourd'hui que, pour une espèce végétale donnée, les noyaux sexuels qui doivent s'unir dans l'acte de la fécondation, renferment un nombre déterminé de segments ou bâtonnets chromatiques et que ce nombre est le même dans le noyau mâle et dans le noyau femelle : fait très important au point de vue de la transmission des propriétés héréditaires. On sait aussi que les noyaux de l'embryon possèdent un nombre de bâtonnets chromatiques qui est exactement le double de celui des noyaux sexuels. Dans le Lis, par exemple, il y a 12 bâtonnets dans les noyaux sexuels, tandis qu'on en compte vingt-quatre dans les noyaux des tissus embryonnaires. Il se fait donc, au cours du développement, une réduction de moitié dans le nombre des éléments chromatiques. Mais à quel moment et de quelle façon a lieu cette réduction, dont la nécessité est facile à concevoir puisque sans elle ces élé-

(1) R. Altmann : *Die Genese der Zelle* (Fetschrift für Carl Ludwig, Leipzig, 1887); — *Die Structur des Zellkerns* (Archiv für Anatomie und Physiologie, 1889); — *Die Elementarorganismen*, Leipzig, 1890.

(2) A. Zimmermann : *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle* Heft, 1, Tübingen, 1890.

ments iraient sans cesse en augmentant à chaque fécondation? Des recherches faites par M, L. GUIGNARD (1), en particulier sur les genres *Lilium*, *Fritillaria*, *Tulipa*, *Allium*, *Alstrœmeria*, *Listera*, il résulte que la réduction du nombre des bâtonnets chromatiques se produit tout d'un coup, à la même phase, dans l'organe mâle et dans l'organe femelle; elle se manifeste au moment de la première bipartition du sac embryonnaire ou de la cellule mère du pollen.

Divers observateurs, parmi lesquels MM. E. Van Beneden, Boveri, Vialleton, Garnault, Vejdowski, Henneguy, Flemming, etc., ont signalé dans les cellules animales l'existence de deux corpuscules qui au moment de la division du noyau servent de point de départ à la formation des asters: on les désigne sous le nom de *sphères attractives*. M. Guignard a retrouvé ces formations dans les cellules végétales, aussi bien pendant la division du noyau que pendant l'état de repos.

Dans toute cellule végétale en repos, les sphères attractives apparaissent comme deux petites masses sphériques rapprochées côte à côte sur le flanc du noyau; chacune d'elles est formée d'une masse centrale ou *centrosome* entourée d'une zone transparente limitée elle-même en dehors par une couche granuleuse. Au moment où le noyau va entrer en bipartition, les sphères attractives s'écartent progressivement, et vont se fixer en deux points diamétralement opposés; elles prennent alors des stries radiaires et c'est d'elles que partent ensuite en rayonnant les filets protoplasmiques qui se rejoignent à travers le noyau après la dissolution de sa membrane pour constituer le fuseau nucléaire. La bipartition longitudinale des bâtonnets chromatiques étant opérée, avant même que les deux nouveaux noyaux se soient complétés par la formation d'une membrane propre, chaque sphère attractive se divise en deux et deux nouvelles sphères accompagnent ainsi le flanc externe de chacun des nouveaux noyaux pendant toute la durée de sa période de repos. Ces corpuscules, que M. Guignard propose d'appeler *sphères directrices*, puisqu'ils gouvernent la division du noyau, se transmettraient donc sans discontinuité d'une cellule à l'autre pendant toute la durée de la plante.

La transmission ininterrompue des sphères directrices de cellule à cellule, quelle que soit la nature de l'organe considéré, donnait à penser que le noyau de la cellule mâle chargé d'opérer la fécondation doit être, comme celui de la cellule femelle accompagné de deux sphères directrices. M. Guignard a vérifié le fait dans le Lis Martagon et la Fritillaire. Après son entrée dans le tube pollinique, la cellule génératrice du grain de pollen est fusiforme et pourvue d'un protoplasma propre et différencié; elle présente à l'un de ses pôles deux sphères directrices. Lorsque cette cellule se divise pour donner conformément à la règle générale chez les Angiospermes, deux nouvelles cellules libres, le grand axe du fuseau nucléaire est parallèle à

(1) Léon Guignard: *Sur la constitution des noyaux sexuels chez les végétaux* (Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. CXII, n° 19, 11 mai, 1891). — *Sur l'existence des sphères attractives dans les cellules végétales* (Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. CXII, n° 10, 9 mars 1891). — *Sur la nature morphologique du phénomène de la fécondation* (Comptes rendus, t. CXII, n° 23, 8 juin 1891).

celui du tube pollinique ; après cette division, celle des deux cellules qui est la plus rapprochée de l'extrémité du tube a ses sphères directrices en avant du noyau, là où se trouvait le pôle antérieur du fuseau nucléaire ; par conséquent, au moment où cette cellule qui est seule chargée d'opérer la fécondation, pénétrera dans l'appareil femelle, les deux sphères directrices qu'elle possède précèderont le noyau qui a reçu le nom de *noyau mâle*. Avant la fécondation, le sac embryonnaire produit, comme on sait, huit noyaux disposés en deux tétrades, l'une au sommet, l'autre à la base. Dans la tétrade du sommet, les deux noyaux qui appartiendront aux synergides se forment dans un plan horizontal ; les sphères occupent donc la face latérale et externe de chacun d'eux. Les deux autres noyaux naissent au contraire dans un plan vertical ; le plus élevé appartiendra à l'oosphère, et seul, interviendra dans la fécondation ; les deux corps directeurs qui lui correspondent vont se placer au-dessus de lui. Dès lors, au moment où la cellule mâle pénètre dans la cellule femelle, le contact s'établit d'abord entre leurs sphères respectives qui s'accouplent deux à deux ; puis les deux sphères, ainsi constituées chacune par deux éléments d'origine différente, s'écartent l'une de l'autre pour permettre aux noyaux de s'unir à leur tour. Il résulte donc de ces données que le phénomène de la fécondation consiste non seulement dans la copulation de deux noyaux d'origine sexuelle différente, mais aussi dans la fusion de deux protoplasmes également d'origine différente, représentés essentiellement par les sphères directrices de la cellule mâle et de la cellule femelle. Ces résultats sont analogues à ceux que M. Hermann Fol avait précédemment observés chez un Oursin, le *Strongylocentrotus lividus*; le phénomène fondamental de la fécondation serait donc essentiellement le même chez les plantes et chez les animaux.

M. Van Tieghem a donné le nom général de leucites à tous les corpuscules de forme déterminée et de composition albuminoïde qui existent avec les noyaux dans le protoplasme constitutif des êtres vivants, continu ou cloisonné en cellules, qui s'y multiplient par bipartition comme les noyaux et qui ont, en conséquence, tout aussi bien que les noyaux une origine indépendante du protoplasme. M. Van Tieghem (1) propose d'appeler *leucites directeurs* ou pour abréger *tinoleucites* les sphères directrices des cellules végétales.

3° *Protoplasma.*

M. Pfeffer (2) a étudié, après un grand nombre d'auteurs, parmi lesquels MM. de Bary, Cienkowsky, Van Tieghem, Velten, Wakker, etc., le mécanisme de l'absorption et de l'expulsion des corps solides par le protoplasma. Il a pris comme sujet d'étude principalement les plasmodes de *Chondrioderma difforme*.

(1) Ph. Van Tieghem : *Sur les tinoleucites* (Journal de Botanique, 5e année, n° 7, 1er avril 1891, p. 101).

(2) W. Pfeffer : *Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper* (Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. XVI. p. 149-184, 1890).

L'auteur a constaté que le plasmode absorbe avec la même facilité les corps les plus divers, vivants (*Pleurococcus*, Diatomées) ou inertes, solubles (cristaux d'asparagine, de vitelline) ou insolubles (grains de quartz, de carmin); les corps absorbés pouvant être d'ailleurs de masse très inégale, parfois extrêmement minime (spores de *Penicillium*). Le plasmode serait donc dépourvu soit de sensibilité chimique, soit de sensibilité au contact ou au choc. Les corps étrangers pénétreraient mécaniquement dans le plasmode par leur propre poids ou à cause de la résistance qu'ils opposent à sa progression. La sortie des corps absorbés paraît d'après l'auteur, s'effectuer sous l'influence des mêmes causes; elle a lieu après un temps variable (24 heures à 4 jours) sans que l'on puisse observer de différence spéciale entre les substances indifférentes (quartz, carmin) et celles qui peuvent servir à la nutrition du plasmode; ces dernières d'ailleurs peuvent avoir été partiellement dissoutes dans leur passage à travers le plasmode.

A l'aide de réactifs appropriés, M. Pfeffer a pu déterminer, dans des cellules pourvues d'une membrane, la précipitation de cristaux ou de granulations de nature diverse; il a vu ensuite ces corpuscules tantôt passer du suc cellulaire dans le plasma environnant, tantôt suivre la marche inverse. C'est ainsi que dans les poils radicaux du *Trianea Bogotensis*, l'auteur a vu de petits cristaux d'oxalate de chaux passer d'une vacuole dans le protoplasma et retourner ensuite dans le suc cellulaire. Ces observations sont particulièrement intéressantes en ce qu'elles montrent, contrairement aux idées reçues, que la présence d'un corps figuré dans une certaine partie du contenu cellulaire ne prouve pas nécessairement qu'il s'y soit formé.

D'après M. H. de Vries et son école, la membrane plasmatique, c'est-à-dire la mince couche hyaline qui limite le protoplasma cellulaire ou les corps protoplasmiques nus, serait un véritable organe indépendant du protoplasma au point de vue génétique et comparable par exemple au noyau ou aux leucites, c'est-à-dire que cette membrane proviendrait toujours par croissance et par division d'une membrane plasmatique préexistante. M. Pfeffer (1) ayant séparé de la partie centrale de plasmodes de *Chrondrioderma difforme* quelques-unes de leurs ramifications, a toujours vu une portion de membrane se différencier au niveau de la section, aux dépens du protoplasma granuleux et en apparence par simple retrait des granulations. En fusionnant des fragments de plasmodes, il a d'ailleurs pu déterminer la transformation inverse. Pour M. Pfeffer, la nature protéique de la membrane plasmatique n'est pas absolument démontrée, mais il repousse l'hypothèse de M. Quincke (2) d'après laquelle cette membrane serait de nature huileuse.

D'après M. H. de Vries et ses élèves, en particulier M. Went, jamais une vacuole ne se formerait spontanément au sein du protoplasma; les vacuoles nouvelles proviennent toujours de la division de vacuoles déjà existantes. Dans le même mémoire, M. Pfeffer fait connaître les méthodes qui lui ont

(1) W. Pfeffer : *Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen nebst Bemerkungen über der Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge* (Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. XVI, p. 187-344, 1890).

(2) Quincke : *Annalen der Physik und Chemie*, N. F. Bd. XXXV, p. 627, 639, etc.

permis de provoquer pour ainsi dire à volonté dans le protoplasma la formation spontanée de vacuoles. Des plasmodes de *Chondrioderma difforme* sont placés dans des solutions saturées de substances inoffensives : asparagine, gypse, vitelline, phosphate de chaux, bleu de gentiane, etc. ; des fragments de la substance dissoute étant ajoutés à la solution, les plasmodes en absorbent un certain nombre ; les plasmodes étant ensuite apportés dans l'eau pure, par graduelle dissolution des fragments absorbés, il se forme une vacuole autour de chacun d'eux (fig. 1 et 2). En outre, une vacuole prend tou-

Fig. 1. — Portion de plasmode de *Chondrioderma difforme*, renfermant un fragment d'asparagine n'ayant pas encore déterminé la formation d'une vacuole (d'après Pfeffer).

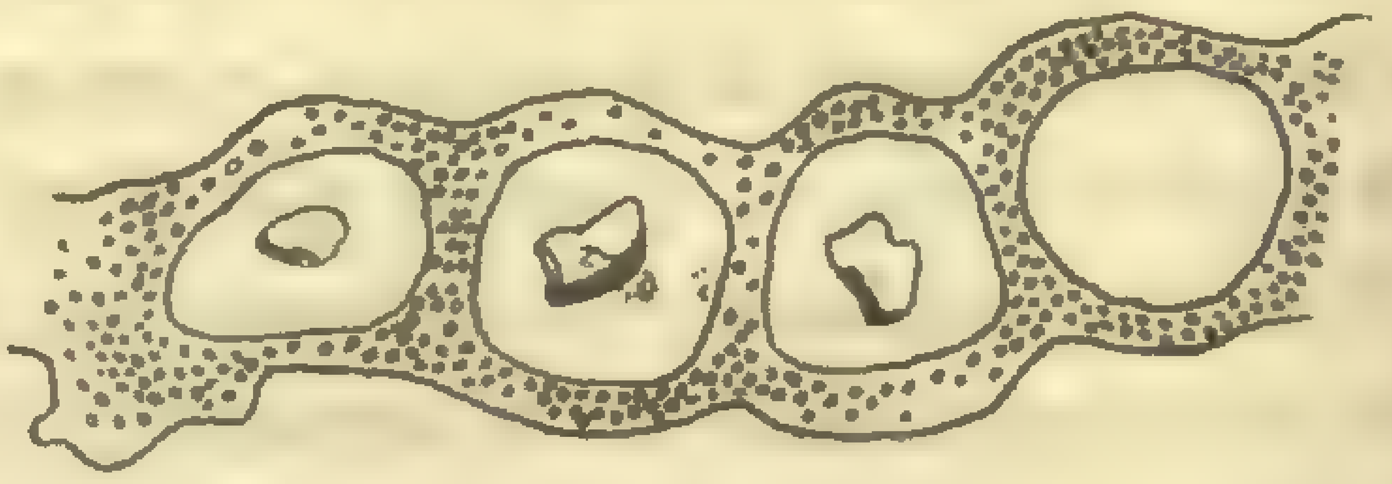


Fig. 2. — Portion de plasmode une heure après l'absorption de fragments d'asparagine ; chacun des fragments absorbés a donné naissance à une vacuole ; l'un d'eux est complètement dissous dans la vacuole qu'il a formée (d'après Pfeffer).

jours naissance par introduction au sein du protoplasma d'une gouttelette d'une solution aqueuse. Les vacuoles artificielles peuvent se former en des points quelconques du protoplasma et ne se distinguent en rien des vacuoles normales ; comme ces dernières, elles sont limitées par une membrane hyaline ; les propriétés osmotiques des unes et des autres sont identiques ; comme les vacuoles normales, les vacuoles artificielles sont susceptibles de se multiplier par division et de se fusionner. L'auteur a même vu des vacuoles artificielles se fusionner avec des vacuoles normales.

La formation des vacuoles paraît être d'après M. Pfeffer un phénomène purement physique car des vacuoles peuvent apparaître dans des plasmodes chloroformisés. L'auteur pense que des différences locales d'imbibition sont susceptibles de déterminer la production d'une vacuole.

(*A suivre.*) A. PRUNET.

Quercus Mirbeckii Dur.

Quercus Mirbeckii Dur.

Quercus Mirbeckii Dur.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois, et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue*.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 7, rue Amyot, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 février 1892

N° 38

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52, RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 FÉVRIER 1892

Pages.

I. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES LICHENS (avec planches), par **M. Henri Jumelle**.................. 49

II. — SUR L'ANALYSE PHOTOGRAPHIQUE DES MOUVEMENTS DES VÉGÉTAUX, par **MM. Dewèvre** et **E. Bordage**. 65

III. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*suite*)........................ 79

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON :

Planche 4. — *Recherches physiologiques sur les Lichens.*

Cette livraison renferme en outre huit gravures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

Par M. Henri JUMELLE (1)

INTRODUCTION.

Depuis que les travaux de Schwendener, confirmés par un grand nombre de recherches ultérieures, nous ont fait connaître la véritable nature des Lichens, ces plantes peuvent être considérées comme formant une des classes les plus curieuses du règne végétal.

Jusqu'à une époque encore peu éloignée, un Lichen était regardé comme un être ayant une individualité propre, voisin des Champignons par la structure générale de son thalle et son mode de reproduction, s'en séparant toutefois par la présence, au milieu de ses filaments incolores, de cellules vertes ou gonidies.

De Bary (2), le premier, émit l'idée que l'organisme ainsi

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, dirigé par M. Gaston Bonnier.

L'Académie des sciences a décerné au présent Mémoire le prix Montagne, au concours de 1891.

(2) De Bary : *Ueber die Keimung einiger grosssporigen Flechten* (Pringsheim's Jahrbücher, 1866 et 1867). — *Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten, und Myxomyceten*. Leipzig, 1866.

On attribue assez généralement à Speerschneider la première idée de la théorie de Schwendener. Nous n'avons pu, pour notre part, retrouver trace d'une indication semblable dans les deux travaux de Speerschneider cités à ce propos : *Zur Entwickelungsgeschichte der Hagenia ciliaris* (Botanische Zeitung. Oct. 1853). — *Zur Anatomie und Entwickelunggeschichte des Parmelia Acetabulum* (id., juillet, 1854). Dans l'un et l'autre de ces mémoires, l'auteur pense, au contraire, qu'il est hors de doute que la gonidie provient du filament, dont elle peut, à un moment donné, se séparer par étranglement. Car, dit-il, admettre pour la gonidie une formation libre, indépendamment du filament, ce serait supposer un fait absolument sans analogue dans toute la physiologie végétale.

constitué de deux éléments différents, l'un privé, l'autre pourvu de chlorophylle, pouvait bien n'être que l'association de deux êtres distincts, unis par parasitisme. A l'appui de son hypothèse, l'éminent botaniste attirait l'attention sur les ressemblances de forme que l'on peut observer entre les cellules vertes, isolées ou groupées parmi les filaments du thalle incolore, et certaines Algues inférieures. Le Lichen serait alors simplement un assemblage d'Algues déformées par l'introduction, dans leur substance, d'un mycélium étranger, qui les attaquerait comme les Urédinées attaquent certains végétaux supérieurs, les Euphorbes par exemple.

Mais ce n'était là qu'une simple hypothèse, basée sur aucun fait précis, et De Bary ajoutait aussitôt que le Lichen pouvait bien être encore un état plus développé, et fructifié, de végétaux dont les formes inférieures et incomplètes seraient rangées parmi les Algues.

Entre ces deux hypothèses possibles, De Bary restait indécis. Schwendener (1) opta pour la première et s'attacha à la démontrer. Les principales raisons qu'il fit valoir sont les suivantes :

1° On n'a jamais observé d'une façon certaine aucun rapport d'origine entre les gonidies et les cellules filamenteuses du thalle ; on n'a considéré un tel rapport comme réel que sur des relations anatomiques ;

2° Les membranes des gonidies, relativement à leur composition chimique, se distinguent complètement des membranes propres aux filaments ; les premières réagissent comme le tissu des Algues, les secondes comme celui des Champignons ;

3° Les diverses formes de gonidies, en ce qui concerne leur structure et leur mode de multiplication, correspondent à autant de types d'Algues unicellulaires et d'Algues filamenteuses, de sorte qu'une gonidie isolée ne peut, souvent, se

(1) Schwendener : *Ueber die wahre Natur der Flechten* (Verhandlungen der schweizerchen naturforschenden Gesellschaft, 1887). — *Untersuchungen über den Flechtenthallus* (Nägeli : Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, 1868). — *Ueber die Beziehung zwischen Algen und Flechtengonidien* (Botanische Zeitung, 1868). — *Die Algentypen der Flechtengonidien*, Bâle, 1869. — *Erörterung zur Gonidienfrage* (Flora, 1872, nos 11, 12, 13 et 15).

distinguer de l'Algue correspondante. Ainsi, à la plupart des Lichens hétéromères (*Usnea*, *Evernia*, *Physcia*, *Imbricaria*, *Parmelia*, etc.) correspond le genre de Palmellées *Cystococcus;* à quelques autres Lichens hétéromères, le genre *Pleurococcus;* aux *Roccella*, le genre *Exococcus;* aux Omphalariées ainsi qu'aux autres Lichens à gonidies d'un bleu verdâtre, divers représentants de la tribu des Chroococcacées, notamment le *Glœocapsa;* aux Collémacées à gonidies en chapelets, le genre *Nostoc;* à l'*Ephebe* et aux genres voisins, le genre *Stigonema;* au *Cœnogonium* et aux *Cystocoleus*, une Algue filamenteuse du type Conferve; aux *Graphis*, *Opegrapha*, etc., le genre *Chroolepus;*

4° Si, dans les recherches antérieures à celles de l'auteur, la germination des spores de Lichens n'a pu être poursuivie bien loin, c'est peut-être, précisément, par manque du concours des Algues nécessaires;

5° Entre les Lichens et les Pyrénomycètes on observe, à l'égard du développement des spermogonies et des conceptacles ou apothécies, une concordance remarquable, et l'on ne pourrait tracer entre les deux aucune ligne de démarcation, sans faire intervenir les gonidies.

C'était en 1867 qu'à la suite de ces différentes remarques, Schwendener établissait cette théorie de l'association lichénique, à laquelle son nom reste attaché. Depuis cette époque, les travaux sur le même sujet se sont multipliés. La question, en effet, offrait un trop réel intérêt pour ne pas susciter aussitôt, de la part d'autres botanistes, de nouvelles recherches, d'autant plus nécessaires que bien des points restaient à éclaircir, bien des preuves à fournir par les méthodes les plus variées, avant qu'un fait aussi particulier pût être définitivement admis.

Tout d'abord, dès 1868, MM. Famintzine et Baranetzky (1) constatèrent que les gonidies des Lichens hétéromères tels que les *Physcia*, les *Evernia*, les *Cladonia*, les *Peltigera*, et des

(1) Famintzine et Baranetzky : *Zur Entwickelungsgeschichte der Gonidien und Zoosporenbildung der Flechten* (Mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg, 1868). — Baranetzky : *Beiträge zur Kenntniss der selbstandigen Lebens der Flechtengonidien* (Pringsheim's Jahrbücher, 1869).

Lichens gélatineux tels que les *Collema*, sont capables de vivre d'une vie tout à fait indépendante, en dehors du thalle du Lichen, et même de donner des zoospores, tout comme les Algues unicellulaires.

Ces zoospores, d'ailleurs, d'après des observations plus récentes de M. Woronine (1) faites sur les gonidies isolées du *Parmelia pulverulenta*, ne produisent jamais, en germant, ni filament, ni hyphe, mais donnent continuellement naissance à de nouvelles colonies de jeunes gonidies ou, ce qui revient au même, à de jeunes individus de l'Algue unicellulaire du genre *Cystococcus*.

M. Rees (2), d'autre part, en 1871, démontrait que, quoique les thécaspores du *Collema glaucescens* germent dans l'eau, cependant le développement ultérieur de leurs tubes germinateurs en véritable mycélium n'a lieu que dans le cas où ces tubes pénètrent le tissu mucilagineux de jeunes exemplaires du *Nostoc lichenoides*. Dans le cas contraire, les jeunes hyphes périssent bientôt. Pour qu'un nouveau Lichen se forme, il serait donc de toute nécessité que le filament issu de la spore d'un autre Lichen rencontrât et enveloppât des Algues ou colonies d'Algues.

C'est surtout deux ans plus tard que ce fait fut bien mis en évidence, dans sa généralité, à la suite des recherches de M. Bornet (3). Après avoir isolé et déterminé spécifiquement les Algues qui entrent dans la composition d'un grand nombre de Lichens, M. Bornet, non seulement observa et décrivit l'enveloppement progressif de l'Algue par l'hyphe, mais précisa les conditions diverses dans lesquelles peut se faire cet enveloppement, ainsi que les avantages mutuels qui en résultent pour chacun des deux éléments associés.

Des observations analogues étaient faites à peu près vers la même époque par M. Treub (4).

(1) Woronine : *Sur les gonidies du Parmelia pulverulenta* (Annales des sciences naturelles, 5e série, tome XVI).

(2) Rees : *Entstehung der Flechte Collema glaucescens* (Monatsberichte der Berliner Akademie, 1871).

(3) Ed. Bornet : *Recherches sur les gonidies des Lichens* (Ann. des sc. nat., 5e série, tome XVII). — *Deuxième note sur les gonidies des Lichens* (id., 5e série, t. XIX).

(4) Treub : *Onderzoekingen over de Natur der Lichenen* (Nederl. Kruidk. Arch., 2e série, tome I). — *Lichencultur* (Bot. Zeit., 1873, page 722).

« Toutefois, ainsi que le fait remarquer M. Gaston Bonnier (1), aucun de ces savants n'a pu établir des cultures mettant en évidence la formation du faux tissu des Lichens, l'organisation et la différenciation interne de l'association des deux êtres. Les moisissures, les infusoires ou les bactéries ont promptement détruit toutes leurs cultures, et ce n'est jamais que le premier début qui a pu être observé.

« M. Stahl (2), il est vrai, en 1877, est allé plus loin, non pas en semant des spores et des Algues prises isolément et cultivées dans un milieu privé de germes, mais en observant l'association naturelle qui se produit chez certaines espèces de Lichens, du groupe des Verrucariées, croissant sur de la terre argileuse, et chez lesquels se trouvent des gonidies hyméniales particulières qui sont projetées avec les spores. »

Pourtant à ce dernier travail même, des objections peuvent encore être faites, valables également pour les précédents. Toutes ces cultures entreprises pour obtenir le développement des Lichens par synthèse ont toujours, en effet, été exposées à l'air ordinaire, chargé de germes de toutes sortes, et sur un substratum non stérilisé. On a pu ainsi croire parfois avoir réalisé une synthèse, alors qu'à l'endroit où on avait tenté de la réaliser, étaient peut-être venues tout simplement germer des sorédies de Lichens, c'est-à-dire une association déjà toute faite.

Pour parer à ces objections, après les avoir posées, M. Gaston Bonnier reprit, en 1887, les cultures déjà tentées, mais les fit dans un milieu privé, par stérilisation, de germes étrangers.

Dans ce milieu furent semées des spores pures ainsi que des Algues déterminées, prises également dans une culture pure, Or, dans ces conditions, à l'abri de toute erreur possible, des Lichens apparurent. Leur développement complet put même, en certains cas, être suivi jour par jour. M. Bonnier a vu ainsi les Algues devenir les gonidies des Lichens, en même temps que

(1) Gaston Bonnier : *Recherches sur la synthèse des Lichens* (Ann. des sc. nat., 7e série, tome IX).

(2) Stahl : *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Flechten*, Leipzig, 1877.

les filaments issus de la spore du Champignon se différenciaient, s'épaississaient et se soudaient pour donner les hyphes, les tissus de bordure et les apothécies où se forment les spores.

Après ces dernières recherches, aucun doute ne peut évidemment subsister, et si nous ajoutons encore, pour compléter ce rapide historique, que M. Möller (1) a pu, dans un milieu nutritif convenable, obtenir le développement isolé du Champignon, comme Baranetzky avait, il y a déjà longtemps, obtenu celui de l'Algue, on voit qu'aujourd'hui la théorie posée en 1867 par Schwendener peut être considérée sans crainte comme définitivement établie, successivement contrôlée, comme elle l'a été, par les méthodes d'analyse et de synthèse.

Un Lichen est bien, non une individualité réelle, mais l'association de deux plantes pouvant même, dans certaines conditions, être séparées et vivre isolées : d'une part, un Champignon appartenant le plus généralement au groupe des Ascomycètes; de l'autre, des Algues appartenant à différents types de cette classe.

Dès lors, ces faits étant admis, on peut pressentir que l'étude physiologique d'un tel organisme doit présenter, à plusieurs points de vue, un certain intérêt. Toute différente, en effet, est la physiologie des deux êtres ainsi unis. L'un d'eux, l'Algue, pourvu de chlorophylle, tire exclusivement de l'air qui l'entoure l'acide carbonique avec lequel il produit les hydrates de carbone nécessaires à son existence; l'autre, le Champignon, ne peut, au contraire, emprunter qu'au substratum sur lequel il se trouve les principes nutritifs dont il a besoin.

Dans l'association lichénique, ainsi que l'a nettement fait ressortir pour la première fois M. Van Tieghem dans une intéressante observation (2), chacun des deux éléments semble apporter à l'autre, en un échange mutuel, les matériaux qu'il a recueillis

(1) A. Möller : *Ueber die Cultur flechtenbildender Ascomyceten ohne Algen.* Münster, 1887.

(2) Van Tieghem : *Observation à propos d'une communication de M. Weddell* (Bull. Soc. Bot. de France, 27 novembre 1874, t. XXI, p. 348).

par ses moyens propres. Il en résulte, comme l'a remarqué M. Bornet, que la végétation des Algues est singulièrement activée par l'hyphe du Champignon. Les colonies de *Glæocapsa*, d'*Omphalaria*, etc., prennent dans les Lichens un développement qu'elles acquièrent rarement lorsqu'elles sont isolées. « Les gonidies, à leur tour, exercent sur l'hyphe une influence évidente. A leur contact, celui-ci acquiert un surcroît de vitalité, qui se manifeste par la multiplication rapide et pressée des cellules et par la production de nombreux rameaux. »

Et la conséquence de ce bénéfice réciproque, c'est que les Lichens vivent et s'accroissent dans des conditions où l'Algue et le Champignon isolés ne se développent que lentement, et avec une grande difficulté. On les trouve, par exemple, en abondance dans des régions où leurs deux éléments sont très rares.

Alors, s'il ne l'est pas morphologiquement, le Lichen devient, du moins, physiologiquement une sorte d'individualité. C'est à ce point de vue qu'il est intéressant d'étudier ses fonctions, en les comparant à celles des deux êtres qui le composent ; et tel est précisément le but de ce travail.

Dans cet ordre d'idées, nous nous sommes plus particulièrement attaché à l'étude des échanges gazeux qui se produisent entre les Lichens et l'atmosphère, et à l'influence qu'exercent les agents extérieurs sur ces échanges. Comparativement, nous avons étudié la même action sur un certain nombre d'autres plantes cryptogames. Une telle étude avait été, jusqu'alors, à peine abordée, et restait presque entièrement à faire.

Avant de décrire les résultats qu'elle m'a fournis, je m'empresse d'adresser ici mes plus vifs remerciements : à M. Cailletet, membre de l'Institut, qui a si obligeamment mis à ma disposition le nouvel appareil qu'il a récemment fait construire et qui m'a servi dans mes expériences sur l'action du froid ; en même temps qu'à M. l'abbé Hue, le savant lichénologue, qui a bien voulu, à plusieurs reprises, me déterminer quelques-uns des Lichens sur lesquels, au cours des différentes recherches qui vont suivre, j'ai été amené à expérimenter.

CHAPITRE I.

Les échanges gazeux entre les Lichens et l'atmosphère.

1. — Objet des recherches et méthode.

Nous venons de rappeler, en exposant le but de nos recherches, qu'il y a, au point de vue physiologique, une grande différence entre les deux plantes dont l'association constitue le Lichen et que cette différence porte particulièrement sur les échanges gazeux qui ont lieu entre chacune de ces deux plantes et l'atmosphère.

D'une part, le Champignon, composé de filaments incolores, ou, du moins, dépourvus de chlorophylle, se comporte à la lumière comme à l'obscurité; dans les deux cas, il absorbe de l'oxygène et rejette de l'acide carbonique. A ce phénomène de la respiration ne vient jamais se superposer aucun autre.

Dans l'Algue, au contraire, qui renferme de la chlorophylle, il y a non-seulement respiration, à la lumière comme à l'obscurité; mais, en outre, à la lumière, la plante décompose l'acide carbonique de l'air et rejette de l'oxygène. Au phénomène de la respiration se joint celui de l'assimilation, par lequel du carbone est fixé dans la cellule.

Si l'on considère l'ensemble du Lichen, il y a ainsi : à l'obscurité, perte de carbone par la respiration des deux éléments; à la lumière, perte, encore, de carbone par cette même respiration, mais, d'autre part, en même temps, gain par suite de l'assimilation de la couche gonidiale.

Alors une question se pose : Le gain de carbone dû aux seules gonidies peut-il, à la lumière, surpasser la perte due à la respiration de l'ensemble du Lichen?

La question mérite une étude d'autant plus attentive que sa solution nous permettra de nous rendre compte si, d'une façon générale, l'Algue peut suffire à introduire dans la plante le carbone nécessaire, et si, sous ce rapport, les Lichens sont indépendants du substratum sur lequel ils se développent, comme l'est une Mousse, par exemple.

Nous devons ajouter que, *a priori*, la prédominance du gain de carbone sur la perte, à la lumière, a été généralement admise. Il importe pourtant de remarquer que, dans la grande majorité des cas, cette prédominance est loin d'être évidente. Et si elle n'a pas lieu d'étonner pour les Lichens dits homœomères, tels que les *Ephebe* et les *Collema*, où la masse de l'Algue est supérieure à celle du Champignon, il n'en est pas de même pour les Lichens hétéromères, où c'est au contraire l'ensemble du Champignon qui l'emporte sur l'ensemble des Algues.

Avant d'admettre, dans ce dernier cas, la supériorité du gain de carbone sur la perte, il semble au moins nécessaire que l'expérience l'ait prouvée.

Or les seules recherches qui aient été entreprises sur ce sujet sont celles de MM. Bonnier et Mangin (1) et les résultats sont précisément contraires au fait admis. Dans l'étude qu'ils ont faite, à ce point de vue, de plusieurs espèces de Lichens telles que le *Cladonia rangiferina*, l'*Evernia prunastri*, le *Parmelia caperata* et le *Peltigera canina*, MM. Bonnier et Mangin n'ont jamais pu, en effet, constater à la lumière un dégagement d'oxygène supérieur à l'absorption. A la fin de l'expérience, la proportion d'acide carbonique dans le milieu entourant la plante avait augmenté.

En est-il de même pour tous les Lichens, et ne peut-on, au moins dans certaines conditions, constater, à la lumière, une prédominance de l'assimilation sur la respiration? C'est le point que nous nous proposons d'étudier dans ce chapitre.

La méthode que nous suivrons est celle de l'air confiné. Elle

(1) Bonnier et Mangin : *Sur les échanges gazeux entre les Lichens et l'atmosphère* (Bulletin de la Société botanique, 1884).

consiste, comme on sait, à analyser, au début et à la fin de l'expérience, l'atmosphère dans laquelle ont été placés les Lichens dont on veut déterminer les échanges gazeux.

Quand on opère sur des Lichens qu'on peut recueillir en grandes quantités, comme des *Peltigera canina* ou des *Cladonia rangiferina*, on introduit ces Lichens dans un vase plat en verre, semblable à celui que représente la figure 1 de la planche 4, et on renverse ce vase sur une cuve en bois remplie de mercure. Un tube recourbé, muni d'un robinet, placé ainsi que l'indique la même figure, établit la communication entre l'air intérieur et l'extérieur.

Au début de l'expérience, ce tube en verre est relié, par un tube en caoutchouc, avec un appareil à prises de gaz, dont nous avons donné la description détaillée dans un précédent travail (1). Lorsqu'on a recueilli, avec l'aide de cet appareil, une certaine quantité de gaz, on ferme le robinet, et on expose le vase à la lumière solaire si on veut étudier l'assimilation, ou on le recouvre de papier noir si on veut déterminer la respiration. On fait une nouvelle prise de gaz à la fin de l'expérience. L'air est analysé au moyen de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin (2).

Souvent les Lichens sur lesquels on veut expérimenter ne peuvent être obtenus qu'en assez petites quantités; tel, par exemple, le *Parmelia olivacea*. On met alors ces Lichens dans de petites éprouvettes, de 20 centimètres cubes environ de capacité (fig. 2, planche 4). Après avoir introduit un peu de mercure à l'intérieur, on renverse l'éprouvette sur une petite capsule cylindrique en verre (C), remplie également de mercure. Pour les analyses qu'on fait avant et après l'expérience, on transporte l'éprouvette elle-même sur la cuve de l'appareil à analyses; la prise de gaz est ainsi faite directement.

Lorsque, dans nos expériences sur l'assimilation, nous nous servions des vases plats décrits plus haut, nous introduisions au préalable dans ces vases une proportion donnée (7 à 8 p. 100)

(1) Henri Jumelle : *Influence des anesthésiques sur la transpiration chlorophyllienne* (Revue générale de Botanique, 1890).

(2) E. Aubert : *Notice sur un nouvel appareil à analyses de gaz de MM. Bonnier et Mangin* (Revue générale de Botanique, 1891).

d'acide carbonique. Cette introduction peut se faire facilement au moyen de l'appareil à prises; nous ne reviendrons pas ici sur la façon d'opérer, que nous avons déjà indiquée, avec détails, dans le travail déjà cité.

Dans les petites éprouvettes, on risque toujours d'introduire une trop grande quantité d'acide carbonique, et il est difficile d'y régler exactement la proportion qu'on veut obtenir. Le plus simple est alors de placer les Lichens dans ces éprouvettes, quelques heures avant les expériences d'assimilation; la plante, par sa respiration, fournit elle-même, en quantité suffisante, de l'acide carbonique au milieu.

Nous avons, dans toutes ces recherches, expérimenté sur le plus grand nombre de Lichens possible. On sait, en effet, combien, chez ces végétaux, la couleur du thalle varie avec les espèces, et on sait aussi combien l'assimilation, à son tour, varie avec la coloration. Il suit de là qu'on pourrait constater, par exemple, l'assimilation chlorophyllienne chez un Lichen bien vert, comme le *Peltigera canina*, sans être, cependant, en droit d'en induire que pareille assimilation doit encore se manifester quand il s'agit de Lichens, comme le *Physcia parietina* ou le *Parmelia caperata*, chez lesquels la couleur verte de la chlorophylle est complètement masquée par la présence d'autres pigments colorants, répandus dans le Champignon ou dans l'Algue.

Nous pensons que les expériences, que nous allons maintenant décrire, sont assez nombreuses et variées pour qu'on nous accorde que les conclusions que nous en tirerons peuvent être appliquées à toute la classe des Lichens.

2. — Exposé des recherches. — Respiration et assimilation.

Nous avons surtout choisi comme matériaux d'étude les Lichens hétéromères, chez lesquels, comme nous l'avons vu, l'assimilation est le moins évidente. Ces Lichens peuvent se présenter sous trois formes différentes bien connues, suivant que leur thalle est fruticuleux, foliacé ou crustacé.

Pour la commodité et la clarté de la description, nous établi-

rons deux divisions. Dans la première nous ferons rentrer les Lichens fruticuleux et foliacés; la seconde se composera exclusivement des Lichens crustacés. Nous verrons que cette distinction correspond, jusqu'à un certain point, à des différences physiologiques, au point de vue des échanges gazeux.

1° Lichens fruticuleux et foliacés. — Nous avons cru bon, en même temps que nous donnons les résultats de nos analyses, de rappeler en quelques mots l'aspect et la constitution de chacun des Lichens sur lesquels nous avons opéré. Cette courte description, en fixant les idées, fera peut-être suivre avec plus d'intérêt les résultats successivement obtenus, non seulement dans ce chapitre mais dans les suivants, où les mêmes Lichens nous serviront de sujets d'expérience.

Evernia prunastri.

L'*Evernia prunastri* est, comme on sait, un Lichen fruticuleux, à thalle vert blanchâtre, très commun sur les arbres et sur les rochers.

Ses gonidies, qui forment des groupes épars au-dessous de la couche corticale, appartiennent au groupe des Protococcus.

En douze heures, $0^{gr},360$ (poids sec) de ce Lichen, humide et placé dans une atmosphère saturée, ont absorbé $1^{cc},98$ d'oxygène et rejeté $1^{cc},60$ d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ de l'acide carbonique rejeté à l'oxygène absorbé est égal à 0,80.

Le même Lichen a été ensuite exposé à la lumière diffuse pendant quatre heures. Au bout de ce temps, l'atmosphère de l'éprouvette contenait en moins $1^{cc},21$ d'acide carbonique, et, en plus, $1^{cc},68$ d'oxygène.

La résultante des échanges gazeux, à la lumière, s'est donc traduite par une diminution d'acide carbonique et une augmentation d'oxygène. En d'autres termes l'assimilation l'a emporté sur la respiration; et le rapport $\frac{O}{C}$ de la résultante des deux

actions combinées, c'est-à-dire de l'oxygène définitivement rejeté à l'acide carbonique absorbé, égale 1,38.

Ramalina fraxinea.

Le thalle est fruticuleux, composé de lames aplaties, d'un vert glauque. On le trouve le plus souvent sur les troncs d'arbres.

$0^{gr},355$ (1) de ce Lichen ont absorbé en dix-sept heures, à l'obscurité, $1^{cc},31$ d'oxygène et rejeté $1^{cc},04$ d'acide carbonique.

Le rapport respiratoire $\frac{CO^2}{O}$ est égal à 0,79.

En sept heures, à la lumière, ce même Lichen a décomposé $0^{cc},36$ d'acide carbonique et exhalé $0^{cc},46$ d'oxygène.

Le rapport de la résultante $\frac{O}{C} = 1,27$.

Ramalina farinacea.

Très voisin du précédent, ce Lichen s'en distingue par ses ramifications qui ne forment plus de larges lames, mais sont presque linéaires. La couleur est à peu près la même.

$0^{gr},140$ de ce Lichen ont absorbé en dix-sept heures à l'obscurité, $0^{cc},77$ d'oxygène et rejeté $0^{cc},58$ d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,75$.

A la lumière diffuse en six heures, ce *Ramalina* a décomposé $0^{cc},36$ d'acide carbonique et rejeté $0^{cc},50$ d'oxygène.

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,38$.

Cladonia rangiferina.

Le *Cladonia rangiferina* (Lichen des Rennes) se compose de rameaux grêles, cylindriques, eux-mêmes ramifiés, d'un vert

(1) Les poids que nous donnons dans toutes ces expériences sont toujours ceux des Lichens desséchés à l'étuve après l'expérience.

cendré. Il est abondant partout sur la terre, au milieu des Mousses.

4gr,825 de ce Lichen ont absorbé, à l'obscurité, en dix-sept heures (température de 10° environ), 11cc,38 d'oxygène et rejeté 9cc,45 d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,83$.

La même touffe de *Cladonia* a été ensuite exposée pendant neuf heures à une lumière diffuse faible. Au bout de ce temps, il avait disparu de l'atmosphère entourant la plante 2cc,29 d'acide carbonique remplacés par 2cc,65 d'oxygène.

Le rapport $\frac{O}{C}$ est égal à 1,11.

Cladonia furcata.

Dans le *Cladonia furcata*, les branches se ramifient en formant une sorte de dichotomie. Le thalle est vert pâle.

En seize heures, à l'obscurité, la composition de l'atmosphère dans une éprouvette de 16 centimètres cubes environ renfermant quelques rameaux de ce Lichen, a été ainsi modifiée :

$$+ CO^2 = 8,64 \qquad - O = 10,26$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,84$.

A la lumière diffuse, en sept heures, la modification a été, au contraire :

$$- CO^2 = 3,11 \qquad + O = 3,55$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,13$.

Parmelia Acetabulum.

Le thalle, comme d'ailleurs celui de presque tous les Parmelia, est foliacé. Il est d'un vert olive. Ce Lichen se rencontre surtout sur les troncs d'arbres.

Les gonidies sont des *Protococcus*.

0gr,400 de ce Lichen ont absorbé en douze heures à l'obscurité 0cc,148 d'oxygène et rejeté 0cc,11 d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}=0,79$.

A la lumière diffuse, en cinq heures, ce même Lichen a ainsi modifié la composition de l'atmosphère :

$- CO^2$ p. 100 = 3,76 $+ O$ p. 100 = 4,97

Le rapport $\frac{O}{C}=1,32$.

Parmelia caperata.

Ce *Parmelia*, si commun sur les arbres et sur les rochers, a, comme on sait, un thalle membraneux, ondulé, *de couleur jaune*. La chlorophylle se trouve complètement masquée par la présence de pigments colorants spéciaux.

Un de ces Lichens, pesant ces 0gr,370, a absorbé en dix-sept heures 2cc,08 d'oxygène et exhalé 1cc,58 d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}=0,75$.

A la lumière diffuse, en quatre heures, 1cc,70 d'acide carbonique a été décomposé et remplacé par 2cc,35 d'oxygène.

Le rapport $\frac{O}{C}=1,30$.

Ainsi, même à la lumière diffuse, malgré la coloration jaune du *Parmelia caperata*, l'assimilation l'a emporté sur la respiration. Du carbone a été, en définitive, fixé par l'Algue dans la plante.

Physcia ciliaris.

Le thalle, foliacé, de ce Lichen, qu'on rencontre généralement sur les troncs d'arbres, est vert foncé lorsqu'il est humide.

5gr,680 de ce Lichen ont absorbé en dix-sept heures à l'obscurité 27cc,76 d'oxygène et rejeté 22cc.20 d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,80$.

A la lumière diffuse, en cinq heures, le même Lichen a décomposé 15^{cc},52 d'acide carbonique, remplacés par 18^{cc},72 d'oxygène.

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,20$.

Physcia aipolia.

Le thalle, foliacé, blanc quand il est sec, prend une teinte verdâtre quand il est humide.

Mis à l'obscurité dans de petites éprouvettes, il a ainsi modifié la composition, pour 100 de l'atmosphère :

$$+ CO^2 = 9,60 \qquad - O = 13,09$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,73$.

A la lumière diffuse, le changement dans l'atmosphère a été, le suivant :

$$- CO^2 \text{ p. } 100 = 2,22 \qquad + O = 2,58$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,16$.

Malgré la faible couleur verte du thalle, l'assimilation a été, même à la lumière diffuse, supérieure à la respiration.

(*A suivre*).

SUR

L'ANALYSE PHOTOGRAPHIQUE

DES

MOUVEMENTS DES VÉGÉTAUX

Par MM. DEWÈVRE et E. BORDAGE

Depuis longtemps, les mouvements si nombreux et si variés qu'effectuent les différentes parties des plantes ont attiré l'attention des botanistes. Dutrochet, Charles et Francis Darwin, Duchartre, Strasburger, Sachs, Heckel, Wiesner ont publié sur ce sujet d'intéressants Mémoires.

Ayant été amenés, au cours de recherches nouvelles entreprises sur ce point, à déterminer la trajectoire que décrivent en se déplaçant certains points des végétaux, nous n'avons trouvé indiquée nulle part une méthode satisfaisante.

Darwin avait essayé de déterminer ces tracés, mais il s'était servi de la plus simple et aussi de la moins exacte des méthodes expérimentales, l'observation directe. Désirant pousser plus loin l'analyse nous avons eu recours à deux autres méthodes d'investigation bien autrement précises, nous voulons parler de la méthode graphique et de la photographie.

Nous nous proposons d'examiner ici quelques-uns des résultats que nous a permis d'obtenir cette dernière méthode d'enregistrement. Mais voyons tout d'abord le procédé imaginé par Darwin pour établir le tracé des mouvements végétaux, procédé que l'auteur reconnaît être très approximatif.

L'illustre savant anglais, qui ne voulait avoir qu'une idée générale de la marche du phénomène, employait la méthode

suivante. Supposons que l'on veuille observer les mouvements exécutés par le sommet de la tige d'une plante en voie de croissance, c'est-à-dire la circumnutation de cette tige. On colle à son extrémité une petite pointe de verre très légère dont on a noirci le sommet; au-dessous, on dispose, en A (fig. 3), un petit carré de papier sur lequel on a marqué un point noir; et, au-dessus, on place horizontalement, au moyen d'un support, une lame de verre, P.

On place ensuite l'œil de façon que les deux points noirs

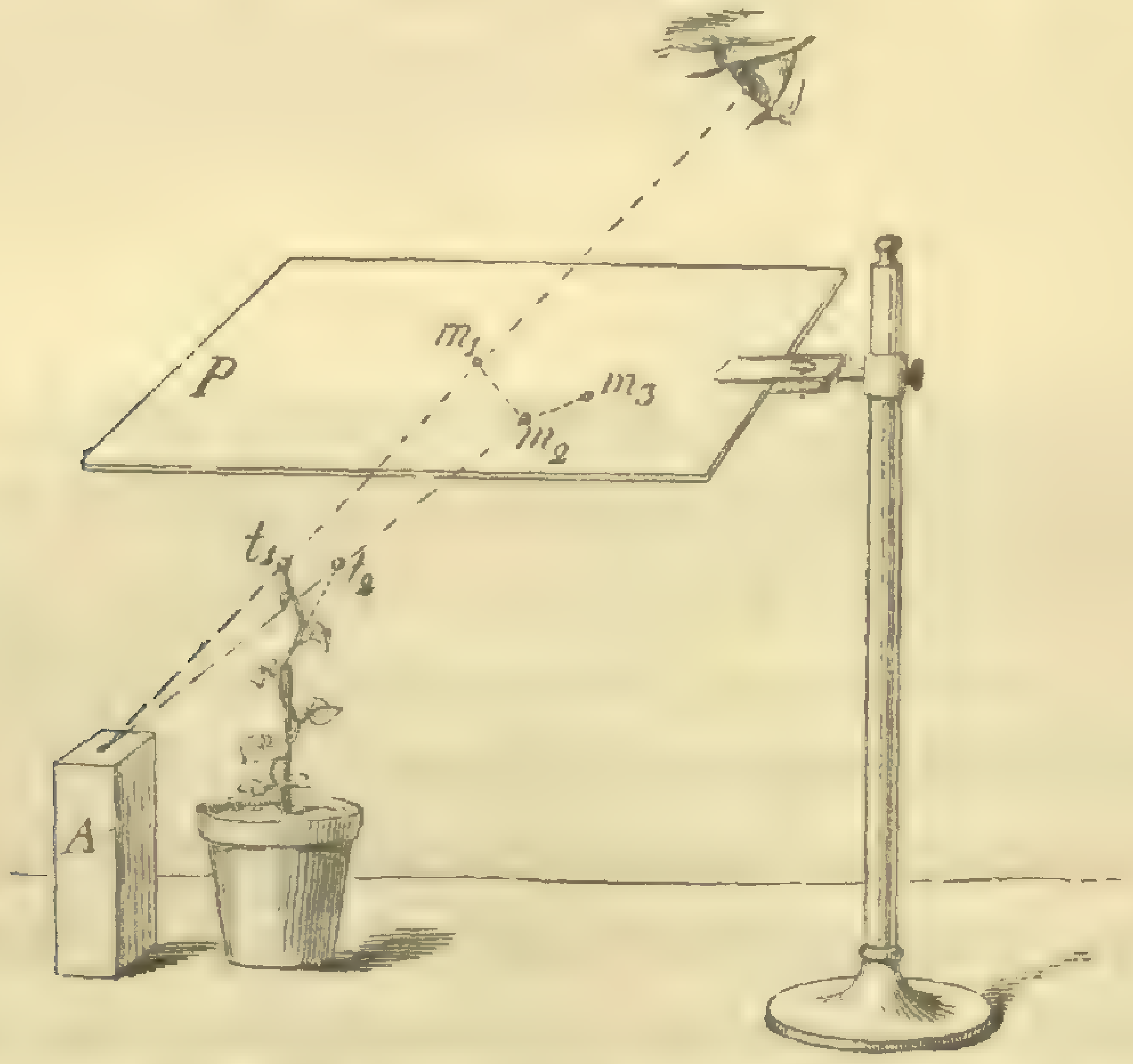


Fig. 3. — Procédé employé par Ch. et Fr. Darwin pour étudier le mouvement des végétaux.

(le point mobile t_1 et le point fixe A) paraissent coïncider exactement, et on fait sur la lame de verre une marque à l'encre, m_1, de façon à ce que les trois points A, t_1, m_1 soient en ligne droite. On opère de même quand le sommet de la tige a pris une seconde position t_2. En continuant ainsi et en reliant tous les points par un trait continu, on obtient sur la plaque de verre un tracé agrandi du mouvement.

Nous avons déjà dit quel était le but que se proposait l'auteur en employant ce procédé. Il est évident que si l'on veut avoir la représentation du mouvement exact dans ses moindres détails, c'est là, comme le déclarait lui-même Darwin, un procédé

absolument insuffisant et qui, de plus, a l'inconvénient d'exiger la présence presque continuelle de l'observateur.

Si l'on jette un coup d'œil sur les figures données par Darwin (1), on verra que le tracé du mouvement entre deux points successifs, souvent assez éloignés les uns des autres, au lieu d'être une ligne droite ou un arc de cercle, comme l'a figuré l'expérimentateur d'après une simple supposition, doit être en réalité bien plus complexe et se composer d'une série de sinuosités et de courbes dirigées dans différents sens. Une autre défectuosité de cette méthode tient à ce que le mouvement est relevé en projection oblique et la figure obtenue *déformée* par cela même.

Nous avons songé à employer la photographie pour obtenir des reproductions *exactes* et *continues* du mouvement végétal. Le principe que nous avons pris comme point de départ est des plus simples et avait déjà donné d'excellents résultats à M. Marey, dans ses études sur la locomotion animale.

Si l'on dirige un appareil photographique sur un orifice suffisamment large percé dans l'une des parois d'une caisse noircie intérieurement de façon que l'obscurité absolue règne dans cette caisse, on pourra démasquer l'objectif sans que la plaque sensible soit impressionnée, car elle ne recevra pas de lumière. Mais si, parallèlement à cette plaque, on fait se déplacer, entre la caisse et l'objectif, un objet blanc ou brillant vivement éclairé par le soleil, l'image de cet objet impressionnera la plaque sensible, sur laquelle on verra la trace de son passage sous forme d'une trajectoire continue.

Nous appuyant sur ce principe, nous avons fixé au sommet de la partie végétale à étudier, d'une tige par exemple, un très petit filament de verre terminé par une pointe arrondie minuscule fondue au chalumeau. C'est un simple filet de verre d'un poids tellement négligeable, que la plante ne s'en trouve nullement incommodée et les mouvements à étudier ne sont pas altérés en quoi que ce soit. La petite tête de verre est laissée

(1) Voir Darwin : *La faculté motrice des plantes.*

telle qu'elle est, ou enduite d'une substance d'un blanc mat, tandis que le reste de la tige de verre est soigneusement noirci.

Cette tige se fixe facilement au moyen d'un peu de colle liquide ordinaire à la partie à étudier. La colle liquide est tout à fait inoffensive pour les tissus végétaux, et, du reste, la quantité que l'on emploie dans ce cas est réellement insignifiante. Ch. Darwin employait de la cire à cacheter noire et a constaté que cette substance n'avait également aucune influence fâcheuse sur les plantes. La plante peut être ensuite placée dans une grande caisse noire (fig. 4).

On fait arriver latéralement un rayon de soleil sur la petite

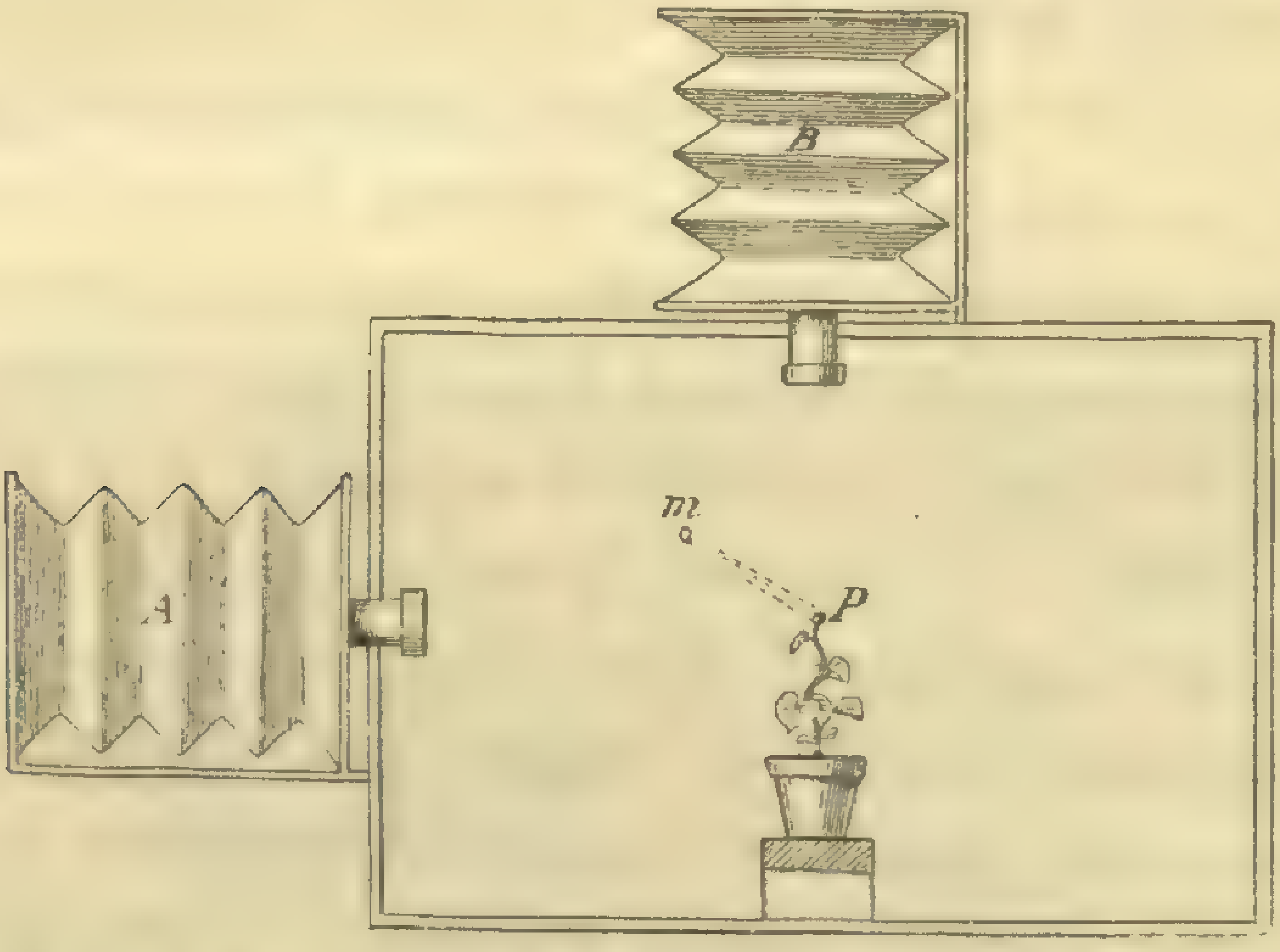


Fig. 4. — A et B, les deux appareils photographiques ; *m*, petit orifice par lequel on fait tomber un filet de lumière sur la petite pointe brillante ou d'un blanc mat, P, fixée au sommet de la tige de la plante située dans une chambre obscure.

tête de verre, mais de façon que la plante elle-même reste dans l'obscurité. On dispose deux appareils photographiques comme l'indique la figure 4, l'un horizontalement et l'autre verticalement. Avant que la petite tête de verre ait cessé d'être au point, on a, sur la plaque horizontale, la trajectoire décrite par le sommet de la plante, et sur la plaque verticale, la projection verticale du même mouvement.

On peut aussi recourir à la stéréoscopie. Il suffit pour cela de placer les deux appareils photographiques l'un à côté de l'autre suivant une même paroi de la caisse. Les images ainsi obtenues donnent, quand on les examine au stéréoscope, la sensation de relief.

Nous devons dire que les photographies obtenues sur plaques verticales ne donnent presque jamais de bons résultats. En effet, les tours sont quelquefois très nombreux pour une très petite croissance. On obtient alors sur la plaque verticale des traits qui tendent à coïncider entre eux. Il en résulte une sorte de tache indécise. Mais cet inconvénient est supprimé avec les plantes qui croissent avec rapidité tout en ne faisant pas un très grand nombre de tours en un temps donné. C'est ainsi qu'avec le *Houblon*, qui croît en raison de 8 centimètres et demi en moyenne par vingt-quatre heures, au mois de juin, et qui ne fait un tour complet que toutes les deux heures et demie environ, on obtient d'excellentes photographies, sur la plaque verticale, deux demi-tours consécutifs étant séparés par une distance d'à peu près 4 millimètres. On obtient aussi de bons résultats avec le Volubilis et le Liseron des haies ou *Convolvulus sepium.*

Au lieu d'encastrer, en quelque sorte, le tube qui porte l'objectif dans un orifice pratiqué dans la paroi de la grande caisse (fig. 4), on peut placer complètement les appareils à l'intérieur de cette caisse, tout en continuant à opérer comme nous venons de l'indiquer.

Dans certains cas, la croissance de la partie végétale observée est très lente et les déplacements de la petite tige de verre sont presque inappréciables. On peut dans ce cas disposer l'appareil photographique de façon à obtenir une reproduction amplifiée du mouvement. Enfin, quand ces mouvements sont par trop réduits, on pourrait, croyons-nous, employer les procédés de la photomicrographie, c'est-à-dire adapter un microscope à grossissement assez faible à l'appareil photographique.

La croissance des plantes nécessitant l'emploi de ce procédé, étant très lente, on pourrait, avant que la petite tête de verre ait cessé d'être au point, obtenir une représentation suffisante de leur mouvement (quelquefois le sommet d'une tige croissant lentement peut effectuer plusieurs tours circumnutatoires pendant qu'elle ne croît que d'une quantité insignifiante représentée par de petites fractions de millimètre).

Le dispositif que nous venons de décrire a l'inconvénient de maintenir la plante dans l'obscurité, ce qui modifie sensiblement ses conditions physiologiques et amène, comme on le sait, à la longue, l'étiolement. Nous devons cependant ajouter que, pendant le temps assez court, nécessaire pour obtenir une reproduction du mouvement, cette influence n'a guère le temps

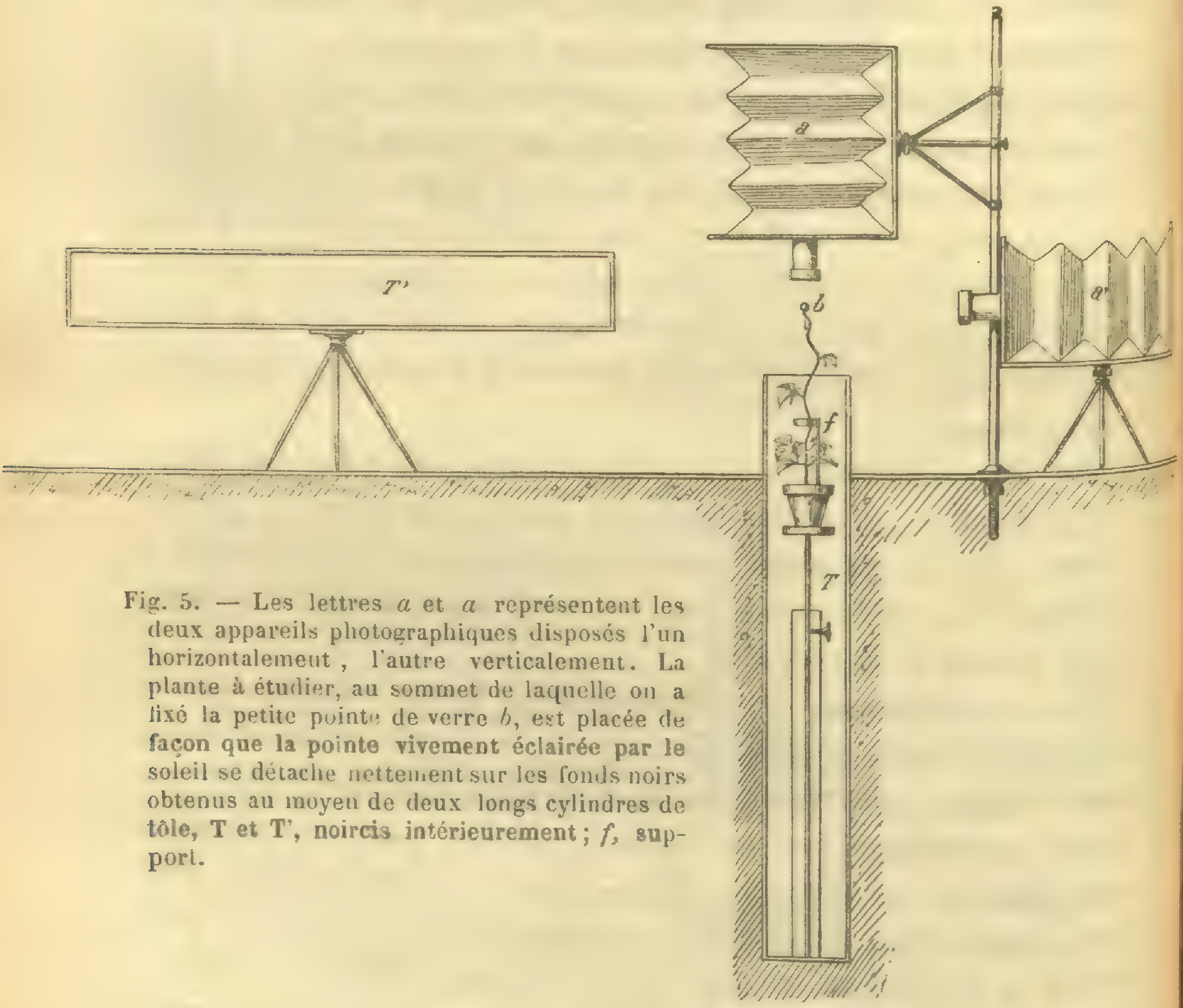


Fig. 5. — Les lettres *a* et *a* représentent les deux appareils photographiques disposés l'un horizontalement, l'autre verticalement. La plante à étudier, au sommet de laquelle on a fixé la petite pointe de verre *b*, est placée de façon que la pointe vivement éclairée par le soleil se détache nettement sur les fonds noirs obtenus au moyen de deux longs cylindres de tôle, T et T', noircis intérieurement; *f*, support.

de se faire sentir. La croissance de la plante est augmentée sans que la nature de ses mouvements soit modifiée. Il n'en serait pas ainsi si la plante demeurait longtemps à l'obscurité, et nous aurons l'occasion de revenir un peu plus loin sur ce sujet.

Si l'on ne fait arriver que d'un seul côté la lumière sur la pointe, ce sera encore là se mettre dans un cas particulier. En effet, quel que soit le peu d'amplitude du rayon lumineux que

l'on fait tomber sur cette pointe, la quantité de lumière est cependant encore suffisante pour éclairer le sommet même de la partie végétale étudiée. Cet éclairage est plus considérable sur la face directement frappée par la lumière que sur la face opposée. Il en résulte une inégalité d'éclairement susceptible de causer des mouvements tout particuliers, comme nous l'avons déjà vu. On peut parer à cet inconvénient, en faisant parvenir sur la pointe un second petit filet de lumière par un orifice

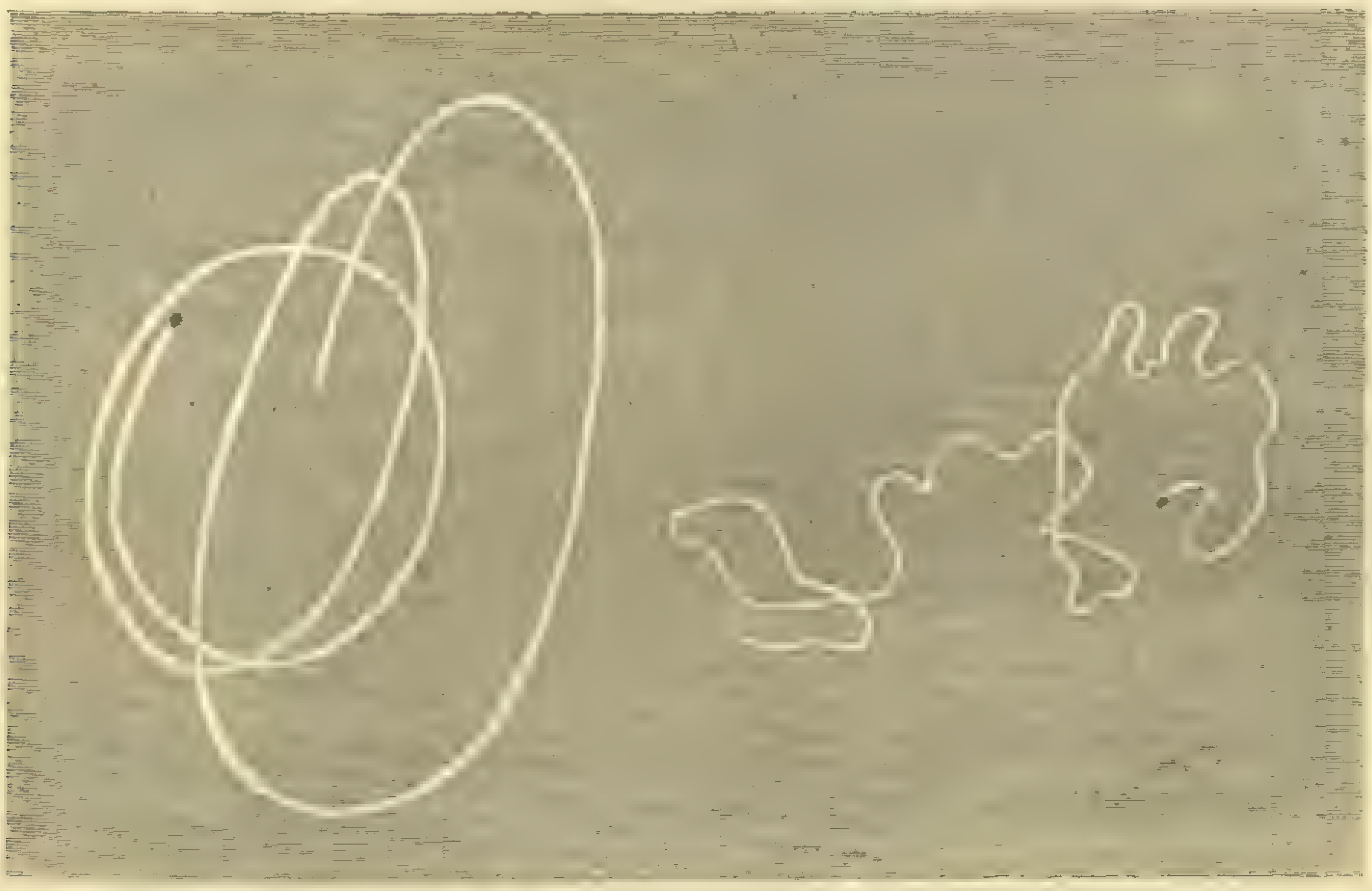


Fig. 6. — Photographie du mouvement d'enroulement d'une tige de Volubilis (*Ipomæa purpurea*). (Le sommet de la tige dépassait un peu le support, ce qui explique la grande amplitude des tours.) Le point indiqué à l'encre est le point de départ. La trajectoire a été décrite en 11 h. 40 minutes.

Fig. 7. — Photographie du mouvement circumnutatoire d'une jeune tige de Volubilis qui n'a pas encore commencé à s'enrouler autour d'un support. (L'appareil photographique était placé au-dessus du sommet de la plante, de façon que la plaque sensible fût horizontale).

percé dans la paroi opposée à celle que présente l'orifice *m* (fig. 4).

Il est plus simple, pour éviter les deux inconvénients que nous venons de signaler, d'adopter le dispositif indiqué par la figure 5, dispositif que la figure en question et la légende explicative qui l'accompagne feront comprendre suffisamment. De cette façon on se met entièrement dans des conditions normales pour l'étude de la circumnutation.

C'est au moyen de ce dernier procédé que nous avons obtenu

les figures 6 et 7 qui représentent les mouvements circumnutatoires d'une tige de Volubilis (*Ipomæa purpurea*) étudiée à deux stades différents du développement de la plante. L'appareil photographique occupait la position (*a*) indiquée sur la figure 5.

Le mieux est d'opérer sous une sorte de hangar ou de serre vitrée, laissant pénétrer la lumière de tous les côtés. On soustrait ainsi la plante à l'agitation de l'atmosphère, qui pourrait provoquer des mouvements anormaux dans le cas où on opérerait en plein air.

La figure 7 représente les mouvements de circumnutation d'une jeune tige de Volubilis qui n'a pas encore commencé à s'enrouler autour d'un support. Ces mouvements sont ceux qui accompagnent la croissance de toute tige non volubile. Ils se composent d'une succession de courbes circulaires ou elliptiques plus ou moins irrégulières, et le sens même de ces mouvements varie à chaque instant. Ils sont provoqués, comme on sait, par l'inégalité d'allongement de la zone de croissance de la tige. La ligne de plus fort allongement se déplaçant progressivement tout autour de l'axe du végétal, la tige imprime continuellement à son sommet, à mesure qu'il s'élève, un mouvement circulaire ou elliptique le long d'une hélice ascendante. Il va sans dire que le nombre des tours décrits dans un temps donné varie beaucoup suivant les plantes. Quelquefois la plupart de ces tours sont incomplets, comme le montre la figure 7.

L'étude photographique du trajet parcouru par la tige du Volubilis nous a permis de relever encore quelques autres particularités.

C'est ainsi que nous avons pu constater que cette plante offre un héliotropisme réel, mais en quelque sorte hésitant, d'un tracé peu net, souvent agité, tremblotant. Il semble que la tige ait peur de se laisser aller à des flexions qui pourraient l'entraîner trop loin et lui faire abandonner son support, conditions des plus fâcheuses, puisqu'elle tomberait alors sur le sol et risquerait d'être étouffée par les herbes voisines. Quelques au-

teurs avaient nié cet héliotropisme du Volubilis, et Darwin, qui ne l'avait observé qu'à l'œil nu, pensait qu'il était en tout cas très peu prononcé. Notre méthode permet de le mettre en évidence d'une façon précise, mais il ne se produit avec netteté qu'à certains moments, en rapport probable, comme nous venons de le dire, avec les conditions d'équilibre de la plante.

Il est facile, en ayant recours à un éclairage unilatéral, de montrer cette sensibilité héliotropique du Volubilis. On constate alors que du côté de la source lumineuse la plante décrit un arc de révolution beaucoup plus court que de l'autre côté. La demi-révolution qui s'éloigne du foyer étant de quatre heures trente minutes, la demi-révolution qui s'en rapproche est d'une heure environ. La plante fait dans ces conditions ce que nous ferions nous-mêmes : on peut dire qu'elle accélère sa marche, pour se soustraire le plus tôt possible à une influence nuisible. Il est facile de prévoir que dans cette lutte la victoire doit rester fatalement à la force la plus grande, c'est-à-dire à la lumière. Et en effet, c'est bien là ce qui arrive, et nous avons pu constater en prolongeant, jour et nuit pendant deux semaines et davantage, ces conditions d'éclairage inégal, n'existant jamais, bien entendu, dans la nature, que les spires deviennent de plus en plus longues du côté de la lumière. La plante ne traverse plus aussi vivement cet arc périlleux de sa révolution. Elle y consacre un temps toujours de plus en plus grand, et on voit finalement son *extrémité* se courber d'une façon définitive vers le foyer lumineux.

Nous soulignons à dessein le mot extrémité, car jusqu'alors l'héliotropisme était resté sans action sur le dernier entre-nœud de la tige et la partie terminale.

Nous avons recherché en outre quelle influence pouvaient exercer les lumières colorées sur l'enroulement de la tige du Volubilis. En général leur action est nulle, et nous n'avons pu constater aucune différence dans les trajectoires décrites par une même tige soumise successivement pendant plusieurs heures à l'influence de la lumière blanche et d'une radiation colorée. Toutefois, si l'on emploie des rayons colorés dont l'in-

fluence sur la croissance est plus retardatrice que celle de la lumière blanche, on constate une diminution dans le nombre et dans l'amplitude des tours de spire effectués par la tige. C'est ainsi que les rayons violets et ultra-violets exercent une influence très préjudiciable au travail d'enroulement. Il y a là quelque chose d'autant plus curieux que ces mêmes rayons paraissent exercer une action également nuisible sur certains animaux (Fourmis, Lombrics, quelques Batraciens) qui les évitent et les fuient.

Pour bien se rendre compte de l'action des différentes radiations sur les mouvements héliotropiques, il convient de s'adresser à une plante non volubile, et nous avons trouvé certains avantages à nous servir du *Lepidium sativum*. Nous avons pu obtenir ainsi le contrôle photographique de certains faits des plus intéressants et nous avons constaté que le jaune est sans action. La flexion commence à partir du vert, croît vers le bleu et le violet, et atteint son maximum à la limite du violet et de l'ultraviolet, entre les raies H et I du spectre. On peut vérifier qu'elle décroît ensuite lentement dans la région ultraviolette et l'extrémité de cette région ; là où les sels d'argent cessent de noircir, où les substances fluorescentes ne luisent plus, elle se manifeste encore faiblement, et ne cesse tout à fait qu'un peu plus loin, à une distance ordinairement égale à deux fois la longueur de la bande lumineuse obtenue à travers un prisme de quartz.

On sait que la lumière blanche exerce, par radiation équilatérale, une action manifestement retardatrice sur la croissance. Ce retard varie suivant les plantes, et la croissance de la Vesce (*Vicia sativa*), par exemple, est retardée de moitié, tandis que celle de la Passerage est diminuée seulement d'un tiers. Tous les rayons, y compris les infra-rouges, ont une action retardatrice sur la croissance, mais cette action est fort inégale. Les rayons jaunes agissent le moins. A partir du jaune l'action va en augmentant d'intensité, mais cela faiblement vers le rouge et l'infra-rouge, où elle atteint un premier et faible maximum. Elle

augmente ensuite plus rapidement vers le bleu, le violet et l'ultra-violet, où elle atteint un second maximum beaucoup plus élevé que le premier. Cette loi générale a été établie par Wiesner.

Nous avons pu faire varier l'amplitude et le nombre des courbes enregistrés sur nos plaques, en faisant varier l'intensité de la lumière ou la distance du foyer lumineux, et déterminer d'une façon mathématique le point optimum d'héliotropisme que nous avons toujours trouvé superposé à celui de la croissance. Comme nous le disions en commençant, nous avons eu recours dans notre étude d'ensemble des mouvements végétaux à la méthode graphique, qui nous a donné en général, quand elle était applicable, des résultats bien inférieurs à ceux de la photographie. Ici cependant, dans cette analyse des mouvements héliotropiques de la tige, nous avons pu obtenir des tracés qui ne le cèdent en rien à nos clichés. En fixant un crin léger à l'extrémité de la tige et en disposant au-dessus à une distance convenable un carton enduit de noir de fumée, nous avons contraint la plante à écrire elle-même le tracé de ses mouvements. Il convient de choisir pour cette étude une plante à croissance très lente qu'on peut ainsi, sans trop de déplacement, abandonner pendant plusieurs jours sous cette plaque enduite de noir de fumée.

Nous avons essayé d'analyser également par la plaque photographique les mouvements normaux de circumnutation décrits par une racine qui s'enfonce dans le sol.

Les mouvements que décrit ainsi l'extrémité de la racine sont tellement complexes et si bien adaptés aux lignes de moindre résistance, dirigés avec tant de soin pour éviter les obstacles, que Darwin n'avait pas craint de comparer l'action de l'extrémité de la racine à celle du cerveau de l'animal.

On comprend combien l'analyse photographique des mouvements de la racine présente de réelles difficultés. Il faut tout d'abord changer la plante de milieu et laisser la racine se développer dans l'eau ou à l'air libre. Nous ne pouvions pas songer

non plus à fixer à l'extrémité radiculaire une petite pointe de verre comme celle dont nous nous étions servi pour la tige. Nous serions sorti ainsi des conditions normales, car dans le sol le contact de la racine avec des obstacles susceptibles de provoquer des courbures, n'est que momentané. La pointe de verre fixée à l'extrémité aurait constitué un obstacle permanent capable de produire une série de flexions anormales. Nous avons songé alors à un index d'une extrême légèreté, un filament de papier de soie par exemple, mais nous avons dû renoncer aussitôt à ce moyen. La moindre petite banderole collée latéralement sur la coiffe amenait constamment une courbure de la pointe en sens opposé, de façon à l'éloigner du corps irritant. Nous n'avons pas voulu nous laisser arrêter par cette exquise sensibilité, et après de longs tâtonnements et beaucoup d'essais infructueux, nous nous sommes arrêté au procédé suivant. Nous avons recouvert toute la racine d'une mince couche de noir de fumée, à l'exception de l'extrémité, au niveau de la région de croissance. Cette partie demeurant blanche, si elle reçoit une radiation suffisante, peut être rendue assez visible pour impressionner la plaque sensible. Il faut, en tout cas, disposer l'appareil photographique de manière que la plaque sensible soit horizontale et le mettre non plus au-dessus mais au-dessous de la caisse noire.

Nous avons pu constater par ce dispositif que la racine ainsi livrée à elle-même décrit un mouvement de circumnutation des plus réguliers, bien moins oscillant que l'extrémité de la tige.

Chose remarquable, cette régularité de circumnutation est partagée par un grand nombre de racines aériennes qui restent complètement insensibles à l'effet de la radiation. Nous avons pu relever cependant sur nos tracés photographiques des mouvements décrits par les racines aériennes des Orchidées, Aroïdées, Bignoniacées, un héliotropisme négatif très marqué.

Nous avons voulu étudier par notre double méthode graphique et photographique les mouvements qu'exécutent certaines feuilles pour prendre les positions de veille ou de sommeil. Nous

avons expérimenté successivement sur les feuilles de Robinia, Lupin, Glycine, Haricot, qui exécutent leur mouvement vers le bas, sur celles du Trèfle, Lotus, Luzerne, Vesce, etc., qui se tournent au contraire vers le haut pour prendre leur position de sommeil.

Il convient ici de choisir une feuille robuste pouvant facilement supporter le poids du petit index fixé à son extrémité. Nous nous sommes contenté dans plusieurs de nos expériences de recouvrir de noir de fumée les feuilles observées. Il suffit

Fig. 8. — Schéma du mouvement exécuté par l'extrémité d'une foliole de Lupin prenant la position de sommeil.

ensuite de recouvrir d'une très légère couche de farine la pointe de la feuille placée en observation. Ce n'est pas tout; il faut encore avoir soin de disposer la plante sur une plaque tournante se déplaçant d'un mouvement lent et régulier — la vitesse d'un millimètre à la seconde nous a paru suffisante dans la plupart de nos expériences.

En jetant les yeux sur la figure schématique ci-dessus, on comprend la nécessité de ces dispositions. On constate, en effet, que la foliole ne change pas tout d'un coup sa position, qu'elle monte et descend plusieurs fois avant de prendre un état de

repos définitif. Sa pointe décrit donc une série d'oscillations qui resteraient forcément superposées et indéchiffrables, si nous ne prenions la précaution d'en dissocier les tracés en déplaçant la feuille horizontalement devant l'objectif, qui doit être situé perpendiculairement à cette pointe.

Nous avons pu constater, en procédant de cette façon, que dans tous les cas la pointe d'une feuille en mouvement se déplace par une série d'oscillations assez régulières. Dans le cas précédent, on voit la pointe s'infléchir d'abord, se soulever, retomber, se relever de nouveau pour descendre davantage, et ainsi de suite. Elle arrive, par une série de chutes et de relèvements, à l'état de repos, où elle entre par une suite de toutes petites oscillations qui se traduisent sur le tracé par une sorte de frémissement ondulatoire. Il y a donc toujours, entre l'état de repos et de veille, deux périodes distinctes que nous proposons de dénommer phases d'*oscillation* et de *trémulation*.

Ces quelques exemples peuvent suffire à montrer l'utilité de notre méthode de recherches dans l'étude des mouvements végétaux, et c'est le but principal que nous nous sommes proposé en rédigeant cette Note.

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Suite*).

M. Th. Bokorny (1) a étudié au point de vue histochimique l'action de certains réactifs sur le protoplasma. Ces réactifs sont divisés en deux catégories suivant qu'ils déterminent ou non la mort du protoplasma.

Dans la première catégorie se placent la caféine en solution aqueuse à $\frac{1}{1000}$ la potasse et l'ammoniaque en solution très étendue. Sous l'influence de ces substances, le protoplasma granuleux se résout en une infinité de corpuscules arrondis fortement réfringents, pressés les uns contre les autres, enfin se trouve alors comme on dit en « agrégation » (fig. 9 et 10). Lorsque l'agrégation est obtenue sous l'action de la caféine, il suffit de placer la coupe dans l'eau pour que le protoplasma reprenne peu à peu sa structure primitive.

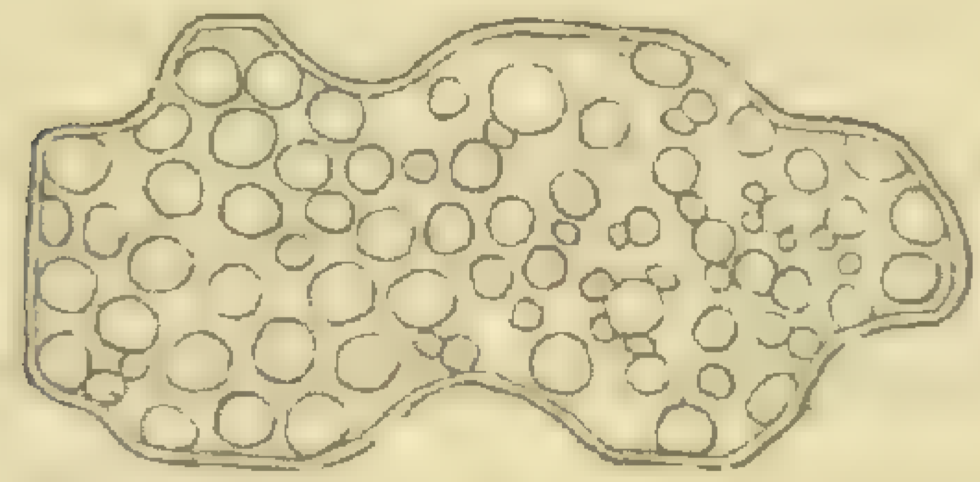


Fig. 9 — Cellule traitée par une solution de caféine à 1/1000, vue d'en haut ; le protoplasma granuleux est en agrégation (d'après Bokorny).

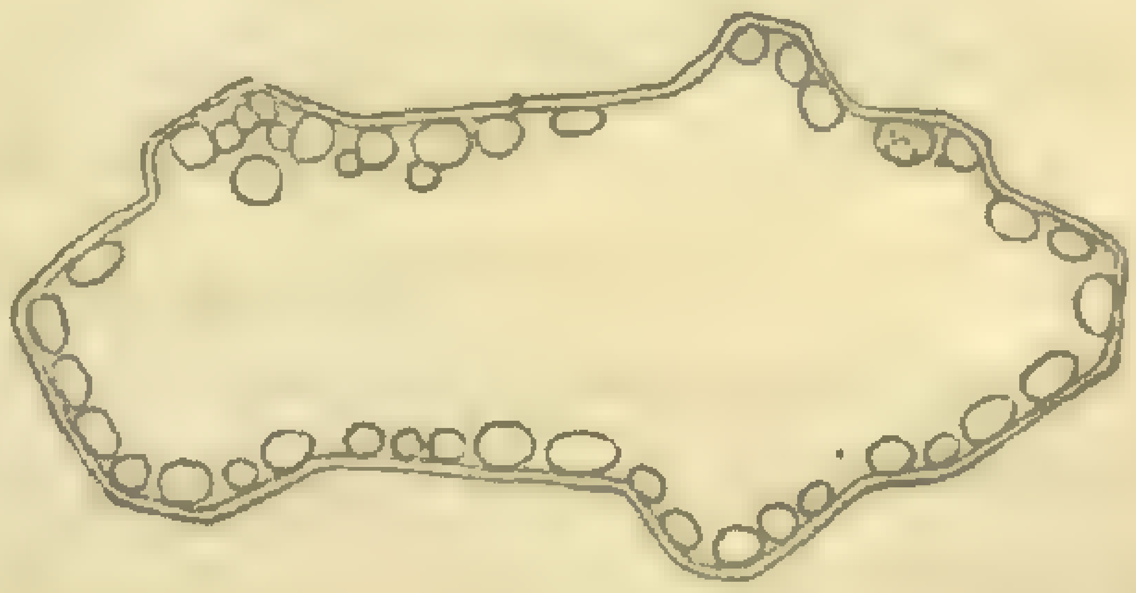


Fig. 10. — La même cellule en coupe optique (d'après Bokorny).

A la deuxième catégorie, appartiennent les réactifs généraux des substances albuminoïdes qu'il me paraît inutile de rappeler ici.

Dans ces derniers temps, on a émis de divers côtés l'opinion qu'il existe certaines connexions génétiques entre le tannin et les matières albuminoïdes du protoplasma. A la suite d'observations faites sur le contenu cellulaire de l'*Echeveria* (*gibbiflora?*), M. Th. Bokorny (2) est disposé à accepter cette manière de voir.

(1) Th. Bokorny : *Zur Kenntniss des Cytoplasmas* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 3, p. 101-111, 1890).

(2) Th. Bokorny : *Notiz über das Vorkommen des Gerbstoffs* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 3, p. 112, 1890).

M. Thouvenin (1) a trouvé dans les cellules tannifères de certaines plantes sèches (*Myristica*, *Coronilla Emerus*, *Sambucus nigra*, etc.) une substance qui, par ses réactions, paraît être une combinaison du tannin avec les matières albuminoïdes du protoplasma. Cette substance n'aurait pris naissance qu'après la mort de la cellule ; on admet en effet que le tannin n'exerce aucune action coagulante sur le protoplasma vivant.

On sait que d'après l'opinion courante, aussitôt que les vaisseaux et les trachéides ont épaissi leurs parois, leur protoplasma disparaît sans qu'il en reste de traces. M. Th. Lange (2), ayant repris l'étude de cette question, a constaté que nombre d'éléments conducteurs renferment encore du protoplasma après que leurs parois se sont lignifiées et ont acquis leur épaisseur définitive; parfois même cette persistance peut durer autant que la vie des organes qui renferment ces éléments. Le protoplasma des vaisseaux et des trachéides peut, d'après l'auteur, participer à l'assimilation et aux migrations de matière. Les protoplasmas des cellules d'un même vaisseau se fusionnent fréquemment après la résorption des parois transversales.

4° *Noyau.*

Les opinions les plus contradictoires ont été émises sur les fonctions du noyau de la cellule. Pour les uns, le noyau intervient seulement dans la division cellulaire; pour les autres, il est indispensable à la plupart des phénomènes vitaux. Les observations de M. J. Gerassimoff (3) semblent montrer que la vérité est entre ces deux opinions extrêmes. Cet auteur a eu l'occasion d'observer des filaments de *Sirogonium* et de *Spirogyra* dont certaines cellules étaient dépourvues de noyau. Une cellule sans noyau était toujours voisine d'une cellule à deux noyaux, ce qui permet de croire que les deux provenaient d'une cellule unique à un seul noyau, les deux noyaux issus de ce dernier étant restés dans l'une des cellules sœurs. Au commencement de leur existence, les cellules sans noyau ne se distinguent en rien des autres cellules du filament ou de la cellule voisine à deux noyaux; des courants s'observent dans leur protoplasma et à la lumière leurs corps chlorophylliens fabriquent de l'amidon ; elles peuvent même s'accroître; toutefois leur taille demeure toujours moindre que celle des cellules voisines. Chose curieuse, elles sont plus fréquemment attaquées par les parasites (Chytridinées). Elles sont aussi plus sensibles que les autres aux influences défavorables, et se montrent frappées d'une précoce caducité. Il n'est pas rare de trouver dans un filament toutes les cellules à noyau parfaitement vivantes, tandis que les cellules sans noyau sont dépourvues de vie. Autour de ces dernières, on voit alors s'accumuler des bactéries. En résumé, dans des conditions idéalement favorables, les cellules à noyau pourront vivre et se mul-

(1) Thouvenin : *Note sur une combinaison du tannin avec le protoplasma*, Nancy, 1890.

(2) Th. Lange : *Beiträge zur Kenntniss der Entwicklung der Gefässe und Tracheïder* (Flora, 1891, p. 393-434).

(3) J. Gerassimoff : *Einige Bemerkungen über die Function des Zellkerns* (Bulletin de la Société impér. des Naturalistes de Moscou, n° 4, 1890).

tiplier pendant un temps indéterminé, tandis que les cellules sans noyau seront condamnées à une mort inévitable. Pour M. Gerassimoff, comme pour MM. Strasburger et Haberlandt, l'influence du noyau sur les autres parties de la cellule est d'ordre dynamique.

Jusqu'ici la structure du noyau cellulaire au repos ou en voie de division n'a été étudiée que par transparence. M. J. W. Moll (1), à l'aide d'une technique spéciale, est parvenu à obtenir des noyaux en coupes microscopiques successives. Des ovules de *Fritillaria imperialis* sont placés pendant vingt-quatre heures dans la liqueur de Flemming; après lavage à l'eau, ils sont passés dans l'alcool de concentration croissante jusqu'à 95°. Les ovules sont ensuite disséqués à la loupe sous l'alcool; on détache le protoplasma pariétal du sac embryonnaire et on le transporte dans une goutte de celloïdine ou de collodion ordinaire sur le porte-objet. Dès que la celloïdine est solidifiée, on plonge le porte-objet dans l'alcool à 95°. On détache du porte-objet la petite plaque de celloïdine renfermant les lambeaux à couper; on la place dans l'alcool à 95° additionné de violet de gentiane; après une heure on la fait passer dans un mélange de 6 0/0 d'huile d'Origan et de 1 0/0 d'alcool à 95°, puis dans l'huile d'Origan pure où elle devient transparente. Le lambeau de celloïdine est ensuite encastré dans la paraffine et divisé en tranches minces. Les coupes sont montées au baume du Canada ou à la résine Damar après coloration par le violet de gentiane.

M. A. Zimmermann avait précédemment démontré l'existence de cristaux protéiques dans les noyaux de nombreuses Ptéridophytes. Il a depuis étendu ses recherches aux Phanérogames (2). Les cristalloïdes du noyau sont beaucoup plus répandus dans ces plantes qu'on ne le croyait jusqu'ici. L'auteur en a trouvé dans 42 espèces nouvelles réparties dans 10 familles. On observe beaucoup de variété dans la forme et la grandeur de ces formations, beaucoup aussi dans leur répartition ; cependant ils abondent surtout dans les feuilles et dans les parois des fruits non mûrs. Dans l'ovaire du *Melampyrum arvense*, l'auteur a vu, pendant la karyokinèse, les cristalloïdes du noyau passer d'abord dans le cytoplasma, puis disparaître, en même temps que de nouveaux cristalloïdes se formaient dans les jeunes noyaux.

5° *Éléments figurés.*

Dans ces trois dernières années, le mode de développement des grains d'aleurone a été l'objet de nombreux travaux qui sont loin d'être concordants. Pour MM. Wakker et Werminski les grains d'aleurone sont des vacuoles desséchées; M. Van Tieghem les considère comme des hydroleucites desséchés ayant préalablement élaboré des substances albuminoïdes dans leur cavité; pour MM. Rendle et Ludtke, ils naissent directement dans le protoplasma.

(1) Dr J. W. Moll : *Doorsneden van celkernen en kerndeelingsfiguren* (Botanisch Jaarbœk, tweede Jaargang, p. 325, 1890).

(2) A. Zimmermann : *Ueber Proteinkrystalloide in den Zellkernen der Phanerogamen* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. VIII, Generalversammlungs-Heft, Abth. I, p. 47, 1890).

M. E. Belzung (1) a étudié à son tour la formation des grains d'aleurone, dans les genres *Pisum*, *Faba*, *Phaseolus*, *Lupinus*, *Cytisus*. Dans les graines de ces plantes, les grains d'aleurone naissent à la périphérie des cellules sous la forme de petits grains pleins et homogènes; ils résultent d'après l'auteur, de la précipitation de la légumine en dissolution dans le suc cellulaire par les acides libres du suc, de plus en plus concentrés par suite de la dessiccation progressive de la graine. Ils prennent en grandissant une structure vacuolaire. Lorsque la graine est complètement mûre et desséchée, des matières diverses, albuminoïdes, galactane, acides organiques, etc., se concrètent dans les vacuoles des grains d'aleurone et les remplissent plus ou moins complètement. En présence de l'eau, les grains d'aleurone reprennent leur aspect vacuolaire. Dans les genres étudiés, les grains d'aleurone ne présentent ni enclaves, ni membrane propre. Il est regrettable que sur une question de cette importance, la science ne soit pas définitivement fixée.

La question de la formation de l'amidon, de l'origine et de la structure des grains de chlorophylle est aussi loin d'être résolue. Nous avons cette année à signaler un certain nombre de travaux en bien des points contradictoires; nous donnerons un résumé des uns et des autres.

On sait que pour MM. A. Meyer et Schimper les grains de chlorophylle sont formés de granulations colorées éparses dans une masse fondamentale incolore; MM. Pringshiem et Tschirch au contraire les considèrent comme homogènes et de structure lacuneuse spongieuse. M. R. Chodat (2) adopte l'opinion des deux derniers auteurs. Tout grain de chlorophylle est formé d'un stroma incolore dédaliforme, creusé de lacunes irrégulières subdivisées elles-mêmes plus ou moins par des ramifications latérales de leurs parois. La matière colorante forme un mince enduit à la surface du stroma dont la partie intérieure reste incolore. Les grains de chlorophylle se montrent dépourvus de membrane propre.

D'après M. R. Chodat (3), il n'y aurait pas de différence essentielle entre les grains de chlorophylle et les leucites incolores, car l'étude histologique du bulbe d'une Orchidée, le *Calanthe Sieboldtii* lui a permis d'observer tous les passages entre les grains de chlorophylle des parties externes du bulbe et les leucites de l'intérieur.

Les observations de M. Chodat ont été faites sur des cellules non modifiées par les réactifs et en évitant même l'emploi de l'eau; les coupes ont été examinées surtout dans la glycérine diluée légèrement acétique.

Des recherches de M. Hans Bredow (4), il résulte aussi que les grains de chlorophylle ont une structure réticulée spongieuse; la matière colorante oc-

(1) E. Belzung : *Développement des grains d'aleurone et structure protoplasmique en général chez quelques Papilionacées* (Journal de Botanique, 5e année, nos 6 et 7, 1891).

(2) R. Chodat : *Contribution à l'étude des plastides* (Archives des sciences physiques et naturelles de Genève, 3e période, t. XXV, no 2, p. 244, 1891).

(3) R. Chodat : *Transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes* (Ibid., t. XXIII, no 6, p. 559, 1890).

(4) Hans Bredow : *Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, Heft 3, p. 340-414, 1890).

cuperait principalement les mailles du réseau. Contrairement à l'opinion de M. Chodat et conformément à celle de MM. Pringsheim et Tschirch, une membrane plasmatique pourrait d'après l'auteur se démontrer autour des grains dans la plupart des cas.

On sait que les cotylédons de beaucoup de graines (Lupin, Pois, etc.), perdent pendant la maturation leur couleur verte pour la reprendre ensuite pendant la germination. M. Bredow a recherché après MM. Sachs et Tschirch la cause de ces changements de coloration. Pendant la maturation de la graine les grains de chlorophylle ne se dissolvent pas dans le protoplasma, mais par dessiccation se rapetissent, et ils sont tellement comprimés par les matières de réserve qu'ils deviennent difficiles à apercevoir ; de là la décoloration observée. Pendant la germination, les grains de chlorophylle deviennent plus visibles, d'abord par disparition d'une partie des réserves qui les masquaient, ensuite parce qu'ils se gonflent en absorbant de l'eau ; d'ailleurs ils se multiplient bientôt par de nombreuses divisions en petites masses prises par divers observateurs pour des granulations protoplasmiques, d'où l'opinion que les corps chlorophylliens proviennent du verdissement du protoplasma. L'auteur n'a pas employé de réactifs ; ses préparations ont été observées dans l'huile.

On sait qu'aujourd'hui la plupart des botanistes admettent, avec M. A. F. W. Schimper que les grains d'amidon naissent toujours dans des corpuscules albuminoïdes spéciaux différenciés du protoplasma, les leucites, et qu'ils représentent des produits de l'activité même des leucites, lesquels ne naissent pas du plasma mais préexistent dans la plante, se multiplient par division et ont en quelque sorte une existence éternelle. M. O. Eberdt (1) admet bien avec M. Schimper que les grains d'amidon ont pour point de départ un corpuscule albuminoïde, leucite ou plastide, mais pour lui ce corpuscule ne préexiste pas et résulte simplement d'une différenciation du protoplasma. Tandis que pour M. Schimper ces corpuscules sont les agents actifs de la formation des grains d'amidon, pour M. Eberdt, ils sont passifs et constituent simplement la substance fondamentale du grain d'amidon (Stärke-Grundsubstanz) ; ils sont transformés peu à peu par le protoplasma ambiant en un noyau amylacé ; c'est encore le protoplasma qui déterminerait leur croissance, lorsque cette transformation s'est opérée. A cet effet, une mince pellicule protoplasmique se différencierait autour du jeune grain d'amidon et c'est elle qui, d'après l'auteur, mériterait le nom de « générateur de l'amidon » (Stärkebildner). Lorsque par suite de la croissance, cette enveloppe s'est rompue, l'accroissement du grain se continue seulement dans les parties encore en contact avec l'enveloppe, d'où la formation de grains excentriques. Les grains d'amidon ne s'accroîtraient plus après la chute de leur enveloppe. Les grains d'amidon composés auraient pour point de départ des corpuscules pourvus d'une enveloppe génératrice commune.

D'après M. Eberdt des corpuscules pourraient dans certains cas servir de point de départ à la formation des grains de chlorophylle, non qu'ils ver-

(1) O. Eberdt : *Beiträge zur Enstehungsgeschichte der Stärke* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, Heft 3, p. 293-348, 1890).

dissent eux-mêmes, mais par verdissement de matières plasmatiques qui viennent s'y adjoindre.

M. E. Belzung (1) a étudié lui aussi la formation des grains d'amidon; ses observations ont porté sur des embryons de Légumineuses à divers états de développement. Les coupes, faites à sec étaient immédiatement colorées principalement par le vert d'iode et examinées ensuite dans le suc filtré des plantes ou dans la glycérine étendue. D'après ce botaniste, le protoplasma des embryons en voie de formation présente l'aspect d'un réseau à mailles multiples, qui à aucun moment ne renferme de formation comparable à celle définie par le mot leucite; les grains d'amidon naissent dans certaines des mailles du réseau protoplasmique exactement comme des cristaux; ils sont simples. A la maturité, les mailles non amylifères se cloisonnent en d'autres plus petites très rapprochées. Au moment de la germination, des grains d'amidon se déposent dans ces mailles secondaires et comme ils se trouvent ainsi en plus ou moins grand nombre, pressés les uns contre les autres, il en résulte des grains composés.

Les grains d'amidon de germination et même l'amidon de réserve se métamorphoseraient en grains de chlorophylle avec le concours des principes azotés du suc cellulaire; c'est-à-dire que, contrairement à l'opinion générale, M. Belzung envisage l'amidon comme source et non comme produit spécial de la chlorophylle. On a vu plus haut que M. Bredow explique tout autrement l'apparition des grains de chlorophylle dans les graines de Pois, de Lupin et d'autres Légumineuses en voie de germination. D'après M. Belzung, les leucites n'existent à aucun âge et dans aucun membre des plantules étudiées dans son travail. M. R. Chodat (2), au contraire, dont les observations ont porté sur un certain nombre de plantes adultes appartenant à des familles variées, n'a jamais vu de grain d'amidon sans son leucite générateur.

D'après M. A. Zimmermann (3), les grains de chlorophylle sont beaucoup plus répandus dans les parties plus ou moins décolorées des feuilles panachées, qu'on ne le croit généralement. A la vérité, ils sont ordinairement moins colorés que dans les autres parties de la feuille, mais on trouve tous les passages entre les grains de couleur normale et les grains complètement décolorés; ils sont souvent plus petits, mais parfois ne se distinguent des grains normaux ni par la forme, ni par la taille. Ils n'ont d'ailleurs pas perdu la propriété de fabriquer de l'amidon. Chose curieuse, par apport de sucre, ils augmentent de volume et verdissent; l'auteur conclut de là que leur décoloration pourrait être due à l'insuffisance de l'arrivée des hydrates de carbone au moment de leur développement.

Dans les cellules épidermiques des feuilles de l'*Oncidium microchilum*,

(1) E. Belzung : *Nouvelles recherches sur l'origine des grains d'amidon et des grains chlorophylliens* (Annales des sciences naturelles, Botanique, 7e série, t. XIII p. 5-22, 1891).

(2) R. Chodat : *Contribution à l'étude des plastides* (Archives des sciences physiques et naturelles de Genève, 3e période, t. XXV, n° 2, p. 244, 1891).

(3) A. Zimmermann : *Ueber die Chromatophoren in panachirten Blättern* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 3, p. 95, 1890).

M. Karl Mikosch (1) a vu des éléments figurés de nature protéique, en anneau, en fuseau, etc., tout à fait analogues à ceux que MM. Molisch et Chmielewsky ont signalé dans les feuilles des *Epiphyllum*. La présence de ces corps n'est d'ailleurs pas constante et, d'après l'auteur, paraît n'avoir aucune sorte de relation avec les conditions extérieures. Il semble que sous certaines influences encore inconnues ces corps puissent se former dans les cellules, puis s'y dissoudre pour se reformer ensuite de nouveau.

M. J. H. Wakker (2) donne une description détaillée d'une substance albuminoïde qu'il a trouvée dans les cellules d'une Amaryllidée, le *Tecophilaca cyanocrocus*, substance qui par son aspect et ses réactions se rapproche de la précédente. D'après M. Hans Molisch (3), il y aurait identité entre les deux substances.

D'après M. Carl Muller (4), les cellules de l'endosperme des graines de divers *Tilia* contiennent comme matière de réserve, au lieu d'hydrates de carbone, une huile grasse formant dans les cellules de nombreuses gouttelettes. La coupe a la même apparence que celle que fournirait l'endosperme d'une graine de Ricin.

M. E. Rodier (5) a trouvé dans la tige des *Senecio vulgaris* et *Cineraria* des sphéro-cristaux de couleur jaune, présentant au-dessous d'une mince membrane d'enveloppe une écorce cristalline à éléments radiés et une matière granuleuse amorphe qui occupe toute la région centrale ou se creuse elle-même d'une lacune.

Des diverses réactions que lui ont présenté ces cristaux, l'auteur conclut que l'enveloppe et la partie centrale amorphe sont sans doute de nature organique, tandis que la partie corticale cristalline est minérale et contient de la chaux. L'auteur signale en outre l'existence de sphéro-cristaux dans la Rave et dans le *Pandanus;* ceux de la Rave seraient analogues à ceux du Séneçon.

6° *Substances dissoutes.*

Dans la partie anatomique de son travail sur la phloroglucine, M. Th. Waage (6) fait connaître la répartition de cette substance dans les divers tissus de la plante et dans les principales familles de Cryptogames vasculaires et de Phanérogames. La phloroglucine est surtout abondante dans les tissus

(1) Karl Mikosch : *Ueber ein neues Vorkommen geformten Eiweisses* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 1, p. 33-38).

(2) J. H. Wakker : *Ein neuer Inhaltskörper der Pflanzenzelle* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXIII, p. 1-12, 1891).

(3) Hans Molisch : *Bemerkung zu J. H. Wakker's Arbeit « Ein neuer Inhaltskörper der Pflanzenzelle »* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. IX, Heft 8, p. 270, 1891).

(4) Carl Müller : *Ueber ein fettes Oel aus Lindensamen* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 10, p. 372-377, 1890).

(5) E. Rodier : *Sur la formation et la nature des sphéro-cristaux* (Comptes rendus, 29 avril 1889).

(6) Th. Waage : *Ueber das Vorkommen und die Rolle des Phloroglucins in der Pflanze* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 8, p. 250-292, 1890).

parenchymateux à parois minces (écorce, rayons médullaires, gaines des faisceaux); les fibres péricycliques, les fibres ligneuses, les vaisseaux du bois, les tubes criblés, le liège, en contiennent peu ou point. Certaines familles (Rosacées, Amentacées, etc.) sont riches en phloroglucine, d'autres (Acéracées, Ampélidées, Myrtacées, etc.) en contiennent moyennement; d'autres (Papilionacées, Renonculacées, Ombellifères) en sont pauvres; enfin il en est (Caryophyllacées, Crucifères, Rutacées, etc.) qui n'en contiennent pas du tout. Sur les 185 espèces étudiées, 135 en contiennent dont 51 beaucoup, 41 moyennement, et 43 très peu. Les Cryptogames vasculaires, les Gymnospermes et les Dialypétales sont assez riches en phloroglucine, les Monocotylédones et les Gamopétales en contiennent très peu. Quand une espèce d'un genre contient peu, beaucoup ou point de phloroglucine, il en est de même de toutes les espèces du même genre. M Waage a employé comme réactif histochimique de cette substance une solution de vanilline additionnée d'acide chlorhydrique. D'après lui, la phloroglucine serait comme les tannins un produit accessoire de la nutrition, mais non toutefois exclusivement un excrétat, c'est-à-dire qu'il pourrait être repris dans certaines circonstances.

L'étude du ferment diastasique a été l'objet de nombreux travaux dus en particulier à MM. A. Mayer, Baranetzky, Detmer, A. Hansen, etc.; malgré cela nous ne savons que fort de chose sur cette substance; M. G. Krabbe(1) apporte de nouvelles contributions à sa connaissance. D'après ce botaniste, l'action de la diastase sur les grains d'amidon peut se rattacher à trois types. Chez les Graminées, les Polygonées, etc., on voit se former à la surface du grain de petites excavations qui se creusent de plus en plus de façon à former de petits canalicules plus ou moins irréguliers se ramifiant à mesure qu'ils s'étendent vers la partie interne du grain, s'envoyant des branches de communication, de telle sorte que le grain d'amidon est bientôt traversé par un réseau complexe de canalicules et finalement se divise en fragments plus ou moins volumineux; la corrosion est donc centripète et inégale. Chez les Légumineuses la marche de la corrosion est d'abord la même que dans le premier type, mais lorsque les canalicules sont arrivés vers le centre du grain qui, on le sait, est habituellement creusé d'une excavation d'où partent des fentes rayonnantes, ils se continuent dans les fentes radiales qui sont les points de plus faible résistance, de sorte que la marche de la corrosion devient à partir de ce moment centrifuge. Enfin dans la Pomme de terre, le Lis, les grains d'amidon subissent une corrosion centripète égale.

D'après l'auteur, la diastase agit de proche en proche sans imbiber le grain d'amidon; les fragments même les plus petits se colorent encore en bleu par l'iode; il n'y aurait donc pas lessivage de la granulose comme le voudrait M. Sachs avec persistance d'un squelette ne bleuissant plus par l'iode. L'action de la diastase n'est pas comparable à celle des acides qui imprègnent la masse entière et laissent un squelette ne devenant plus bleu par l'iode. Chose

(1) G. Krabbe: *Untersüchungen über das Diastaseferment unter specieller Berücksichtigung seiner Wirkung auf Stärkekörner innerhalb der Pflanze* (Jarbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, Heft 4, p. 520, 1890).

curieuse, lorsqu'on fait agir des sucs diastasiques ou des bactéries sur des grains d'amidon de Pomme de terre, il y a corrosion centripète inégale, et non digestion égale comme dans les cellules de la plante. Pour certains auteurs le ferment est composé de particules protoplasmiques; or si le protoplasma intervenait directement dans la corrosion, on en trouverait dans les canalicules; d'ailleurs la diastase conserve encore son pouvoir après traitement des tissus qui en contiennent par l'alcool absolu. Cette circonstance et l'action des bactéries sur l'amidon de la Pomme de terre infirment l'opinion de MM. Marcano, Wigand, etc., qui font intervenir les bactéries dans la dissolution de l'amidon dans les cellules des plantes supérieures. En somme la vraie nature de la diastase est encore à établir. Cependant les recherches de M. Krabbe semblent montrer que c'est une substance colloïde incapable de traverser les membranes soit par endosmose soit par exosmose; l'auteur ayant placé en effet dans l'eau des fragments de cotylédons de Haricot en voie de germination et des graines entières dans une solution diastasique fréquemment renouvelée afin d'empêcher le développement des bactéries, n'observa pas plus d'exosmose du ferment dans le premier cas que d'absorption dans le second. Dès lors il paraît probable que la diastase naît dans la cellule même où elle exerce son action dissolvante.

Pour M. Krabbe, comme d'ailleurs aussi pour MM. Ad. Mayer, Baranetzky, Detmer, Ad. Hansen, etc., la dissolution de l'amidon s'effectue dans les cellules des plantes sous l'influence de la diastase. D'après M. J. Wortmann (1), il n'en serait pas toujours ainsi. Dans les feuilles, où la dissolution et les migrations de l'amidon sont très actives, on ne trouve que peu ou point de diastase, et d'autre part on en rencontre tout autant dans des organes dépourvus d'amidon (graines et tubercules divers, Betterave) où par conséquent cette substance est dénuée de toute espèce de signification. Sauf dans des cas spéciaux où des graines, des tubercules, des rhizomes à réserve amylacée extrêmement abondante se montrent au temps de la germination ou de la croissance, riches en diastase, la répartition de cette substance d'après l'auteur, n'est pas du tout parallèle à la formation et à la dissolution de l'amidon; on peut même constater, ajoute-t-il, que dans le cas où les organes contiennent avec de l'amidon, de la diastase, le ferment y est en proportion si restreinte qu'on ne saurait lui attribuer qu'une importance très minime dans la dissolution de l'amidon. Il peut même y avoir dissolution d'amidon sans intervention de diastase; c'est ce qui arrive par exemple lorsqu'on fait absorber de l'amidon à des plasmodes de Myxomycètes; les grains sont peu à peu corrodés sans qu'on ait pu trouver dans le plasmode trace de ferment diastasique. M. Wortmann conclut de ses recherches que la diastase n'est pas la seule substance qui puisse dissoudre l'amidon et que le protoplasma peut intervenir dans la dissolution de cette substance.

Les résultats contradictoires obtenus par M. Krabbe et Wortmann appellent évidemment de nouvelles recherches.

D'après MM. Tangl, Wigand, Tschirch, etc., l'assise périphérique de l'albu-

(1) J. Wortmann : *Ueber den Nachweis, das Vorkommen und die Bedeutung des diastatischen Enzyms in den Pflanzen* (Botanische Zeitung, nos 37-41, 1890).

men de la graine des Graminées, ou *assise à gluten*, renferme une diastase au moment de la germination. D'après M. Tangl, la diatase naît dans la couche externe du cotylédon, au contact de l'albumen, et de là passe dans l'assise à gluten qui, dès lors, servirait seulement à la conduction de cette substance. M. G. HABERLANDT (1) a repris l'étude de cette question pour le Seigle. Au repos, les cellules à gluten du Seigle qui ne constituent qu'une seule assise immédiatement accolée au tégument, offrent de nombreuses granulations protéiques contenant de un à quatre globoïdes et en outre un noyau volumineux ; sur les faces latérales et la face interne, la membrane présente de fines perforations traversées par des filaments protoplasmiques. Pendant la germination, alors que la portion amylacée de l'albumen est déjà transformée en bouillie, les cellules de l'assise à gluten renferment un protoplasma granuleux abondant rappelant tout à fait celui des cellules sécrétrices. La digestion de l'amidon commence au niveau du cotylédon, et se continue ensuite, au contact de l'assise à gluten, dans la première couche amylacée jusqu'au côté opposé de la graine ; il résulte de là que les cellules à gluten émettent une diastase. Pour démontrer que cette diastase ne vient pas de l'embryon. M. Haberlandt isole par une incision le cotylédon de la couche à gluten, et pendant la germination les grains ainsi traités se comportent comme des grains intacts. D'ailleurs des fragments de l'assise à gluten, détachés des grains précédents et soigneusement lavés, mis au contact d'un peu de bouillie de farine de Seigle humide déterminent rapidement la dissolution de l'amidon. L'assise à gluten sécrète donc elle-même pendant la germination une partie de la diastase nécessaire à la digestion des réserves.

On sait depuis longtemps que divers organes d'un certain nombre de plantes appartenant pour la plupart au groupe des Amygdalées peuvent fournir de l'acide cyanhydrique grâce à l'action de l'émulsine ou synaptase sur l'amygdaline en présence de l'eau. MM. Thomé et Johansen avaient montré que l'émulsine est localisée dans les faisceaux libéro-ligneux des amandes et l'amygdaline dans le parenchyme des cotylédons. M. LÉON GUIGNARD (2), précisant les observations de ses devanciers, a montré que dans la partie axile d'une amande, l'émulsine est localisée dans le péricycle et que dans les cotylédons, on la trouve à la fois dans le péricycle et l'endoderme des faisceaux. M. Guignard a trouvé en outre que dans les feuilles du Laurier-cerise, l'émulsine est contenue dans des cellules spéciales représentant l'endoderme qui entoure les faisceaux des nervures, ainsi que dans quelques cellules non sclérifiées du péricycle qu'on trouve isolées ou plus souvent reliées à la gaine endodermique. La localisation est analogue dans les jeunes rameaux de la même plante. M. Guignard a confirmé, en outre les assertions de

(1) G. Haberlandt : *Die Kleberschicht des Gras-Endosperms als Diastase ausscheidendes Drüsengewebe* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 2, p. 40-48, 1890).

(2) Léon Guignard : *Sur la localisation dans les Amandes et le Laurier-cerise des principes qui fournissent l'acide cyanhydrique* (Journal de Botanique, nos 1 et 2, 1890).

MM. Thomé et Johansen relativement à la localisation de l'amygdaline dans le parenchyme des cotylédons, et a montré que cette substance se rencontre uniquement dans la partie parenchymateuse des feuilles du Laurier-cerise.

On a constaté depuis longtemps que les essences sulfurées des Crucifères ne préexistent pas dans la plante et qu'elles ne prennent naissance que dans des conditions déterminées. C'est ainsi que la graine de Moutarde noire contusée ou pulvérisée doit être traitée par l'eau pour que le ferment soluble qu'elle renferme, appelé myrosine, puisse agir sur le myronate de potasse sorte de glucoside salin dont le dédoublement fournit l'essence de moutarde, du glucose et du sulfate acide de potasse. Une réaction analogue se manifeste dans les mêmes conditions, soit avec les graines, soit avec divers tissus d'autres Crucifères, mais les produits de dédoublement peuvent varier suivant que l'on considère telle ou telle espèce. M. Léon Guignard (1) a montré, ce que l'on admettait d'ailleurs déjà sans en avoir la preuve, que le ferment et le glucoside sont contenus dans des éléments anatomiques distincts. Les cellules à myrosine (cellules à albumine de M. Heinricher) se distinguent avant tout par leur contenu privé d'amidon, de chlorophylle, d'huile grasse et d'aleurone, et uniquement albuminoïde. Dans les graines, ces cellules sont disséminées dans le parenchyme huileux des cotylédons et de l'axe embryonnaire. Dans les organes végétatifs, on les rencontre dans l'écorce et dans les parties du péricycle voisines du liber, qu'il s'agisse de la tige ou de la racine. Leur réaction la plus caractéristique est la couleur violette qu'elles prennent par l'acide chlorhydrique sous l'influence de la chaleur. Les cellules à myronate se rencontrent dans la plupart des cellules parenchymateuses, à l'exclusion bien entendu de celles qui contiennent la myrosine.

Les matières colorantes des plantes ont été étudiées par un grand nombre de chimistes et de botanistes, mais elles n'en sont pas mieux connues pour cela. Peu d'entre eux s'étant suffisamment préoccupés des travaux de leurs devanciers, la même substance a souvent reçu des noms différents et le même nom a pu être attribué à des substances différentes, il en résulte dans la synonymie un véritable chaos. M. L. Macchiati (2) a entrepris à ce sujet un travail de revision dont il fait connaître les premiers résultats.

La matière colorante rouge extraite des feuilles par M. Arnaud, et identifiée par lui à la *carotine* n'est pas autre chose, d'après M. Macchiati, que l'*érythrophylle* de Bourgarel, que la *chrysophylle* de Hartsen, et la substance jaune retirée par Immendorff des feuilles vertes n'est sans doute qu'un produit de transformatiou de l'érythrophylle, dû à quelque légère erreur de préparation. D'après l'auteur, la chlorophylle est constamment accompagnée de deux matières colorantes jaunes dont l'une est soluble (*xanthophyllidine*) et l'autre insoluble (*xanthophylle*) dans l'eau. Ces deux substances ne doivent pas être confondues avec l'érythrophylle ou carotine, laquelle existe aussi toujours dans les feuilles.

(1) L. Guignard : *Recherches sur la localisation des principes actifs des Crucifères* (Journal de Botanique, nos 21, 22 et 23, 1890).

(2) L. Macchiati : *Sulle sostanze coloranti gialle e rosse del foglie* (Atti della Società dei Naturalisti di Modena, série III, vol. IX, 1890).

7° *Membrane.*

Il résulte en particulier des travaux de de Bary et de von Höhnel que la membrane des cellules du liège n'est, dans la règle, subérifiée que dans sa partie moyenne, nommée pour cela lame subéreuse. D'après von Höhnel, la lame subéreuse se colore en violet rouge sous l'action du chloro-iodure de zinc, après traitement préalable par la potasse, ce qui semble prouver que la subérine ne s'est pas substituée à la cellulose, mais l'accompagne de sorte que celle-ci peut moutrer ses réactions accoutumées lorsqu'on a dissous la subérine par la potasse. Enfin, d'après Kügler, la subérine serait un mélange de corps gras, lesquels consisteraient en éthers de la glycérine, et d'acides stéarique et phellonique. M. Gibson (1) a trouvé dans le liège des bouchons deux nouveaux acides qu'il nomme acide subérique et acide phloïonique; d'après lui la subérine pourrait être, comme pour Kügler, un mélange de divers éthers ou encore un produit de la condensation et de la polymérisation de divers acides. M. Gibson a observé que l'acide phellonique et ses sels se colorent en violet rouge par le chloro-iodure de zinc ou l'acide sulfurique iodé, et qu'une solution alcoolique de potasse dissout complètement à chaud la lame subéreuse, sans altérer la lamelle cellulosique qui la double en dedans. Il conclut de là, que la lamelle subéreuse est en entier formée de subérine. La réaction de von Höhnel serait due en effet au phellonate de potasse formé, et d'autre part la couleur violet rouge que prend la lamelle subéreuse sous l'action du chloro-iodure de zinc après traitement par l'acide chromique, serait due à l'acide phellonique mis en liberté.

Des recherches récentes ont montré que la matière incrustante du bois, le lignin, n'est pas une individualité chimique mais un mélange complexe de substances diverses ; parmi ces substances se placent en première ligne, la vanilline et la coniférine auxquelles seraient dues les réactions histochimiques des membranes lignifiées. Les réactifs spécifiques du bois agissent pour la plupart à la fois sur la coniférine et la vanilline; il en est ainsi par exemple pour la phloroglucine, le sulfate et le chlorhydrate d'aniline, l'orcine et la résorcine, etc.; mais par contre, le phénol et le thymol ne colorent que le coniférine. M. R. Hegler (2) fait connaître deux nouveaux réactifs dont l'un la toluiamine, colore à la fois la vanilline et la coniférine et dont l'autre le sulfate de thalline n'agit que sur la vanilline. La toluiamine est employée en solution aqueuse concentrée additionnée d'une petite quantité d'acide chlorhydrique; elle colore les membranes lignifiées en orangé sombre. Le sulfate de thalline doit être dissous dans de l'alcool à 50°; il colore le bois en jaune orangé. Ces colorations peuvent persister très longtemps à l'abri de la lumière, surtout si les préparations sont montées dans la gélatine glycérinée.

A l'aide du thymol et du sulfate de thalline, employés isolément ou en-

(1) Gibson : *La subérine et les cellules du liège* (La Cellule, t. VI, p. 63-114, 1890).

(2) R. Hegler : *Histochemische Untersüchungen verholzter Membranen, ein Beitrag zur Physiologie des Gewebe-Metamorphose* (Flora. Neue Reihe, 48 Jahrgang, Heft I, p. 31-61, 1890).

semble (sulfate de thalline, 0gr,5 ; — thymol, 1 gramme ; — eau, 2 centimètres cubes ; — alcool, 26cc,5 ; — chlorate de potasse, 0gr,5 ; — acide chlorhydrique, 1 centimètre cube), M. Hegler a pu constater que la coniférine est plus abondante que la vanilline dans les tissus nouvellement lignifiés, qu'on trouve au contraire plus de vanilline que de coniférine dans les tissus âgés. L'auteur conclut de là et de diverses considérations théoriques que la vanilline est un produit de dédoublement de la coniférine.

M. O. Rodham (1) a observé que dans les *Tecoma* les cloisons transversales qui, dans les vaisseaux du bois, séparent les uns des autres les éléments cellulaires dont se composent ces vaisseaux, présentent l'aspect d'un crible d'une régularité absolument remarquable.

Sanio avait signalé dans les trachéides de quelques Conifères, l'existence de travées unissant entre elles, à la façon de poutres ou de solives, les parois tangentielles de ces éléments. M. C. Muller (2) a constaté qu'en réalité ces travées sont propres à toutes les Conifères et qu'on les observe dans tous les organes axiles, et dans toutes les parties du bois ; ces formations ne se rencontrent d'ailleurs pas exclusivement dans les trachéides car l'auteur en a vu dans le parenchyme ligneux des *Podocarpus Thunbergii* et *Araucaria brasiliana ;* il en a même trouvé dans les tissus du liber et spécialement dans les tubes criblés dont elles paraissent être un élément caractéristique. Les travées, de forme très variée, ont la composition chimique des parois qu'elles unissent. Leur développement paraît indépendant du climat et de la nature du sol. On comprend qu'elles permettent au bois de résister plus facilement à des actions de pression ou de traction exercées dans le sens radial. Une travée provient, d'après l'auteur, de la résorption partielle d'un prolongement en forme de pli, naissant sur la paroi radiale d'une cellule cambiale et se continuant bientôt sur ses parois tangentielles. La résorption a pour résultat d'isoler le repli ainsi formé de la paroi radiale d'où il tire son origine.

Comme on sait, dans les *Spirogyra*, dans les cellules assimilatrices des *Pinus*, etc., la membrane des cellules présente sur sa face interne des épaississements que l'on a longtemps considérés comme constitués par des replis de la membrane, et par suite comme formés par intussusception. M. J. Behrens (3) ayant étudié le développement de ces formations, confirme l'opinion de M. Strasbürger qui les considère comme des bandes d'épaississement formées par apposition. Toutefois d'après M. Behrens, il ne serait pas impossible que l'intussusception intervînt plus tard dans leur croissance.

On sait que la striation de certaines membranes végétales est une des bases sur lesquelles Nägeli a cherché à étayer sa théorie des micelles. Aussi

(1) O. Rodham : *Zur Kenntniss der Gefässquernetze* (Berichte der deutschen botanischen Gesellchaft, Bd. VIII, Heft 6, p. 188, 1890).

(2) C. Müller : *Ueber die Balken in den Holzelementen der Coniferen* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Generalversammlungs-Heft, Abth. I, p. 17-46, 1890).

(3) J. Behrens : *Zur Kenntniss einiger Wachsthums und Gestaltungsvorgänge in der vegetabilischen Zelle* (Botanische Zeitung, n° 6-10, 1890).

de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude de ces formations. M. C. Correns (1) à l'aide d'observations faites en particulier sur des fibres et des trachéides et de considérations théoriques, cherche à son tour à expliquer les diverses formes de striation ou de stratification des membranes. Ce travail ayant pour point de départ la théorie micellaire, aboutit nécessairement à la confirmation des idées de Nägeli. Pour M. Correns, comme pour Nägeli, la striation des membranes ou leur stratification résultent d'une façon générale de la succession de couches alternativement claires et sombres, ces dernières étant caractérisées par une teneur plus forte en eau, particularité qu'explique l'attraction inégale des micelles pour ce liquide. Toutefois, M. Correns admet qu'une différenciation plus profonde peut exister entre la substance claire et la substance sombre, soit que ces deux substances appartiennent à des individualités chimiques différentes, soit qu'elles résultent d'états physiques différents de la même substance. Cette dernière opinion lui paraît la plus justifiée.

II. — ANATOMIE DES TISSUS ET DES ORGANES.

1° *Tissus de protection et de soutien.*

On sait que les cellules de l'endoderme sont munies, en général sur leurs faces latérales et transverses, de plissements subérifiés ou lignifiés formant autour des cellules un cadre de petites dents qui les engrènent fortement; on sait aussi que cette variété de parenchyme subérisé ou lignifié a reçu de M. van Tieghem le nom de *tissu plissé*. Le tissu plissé a été observé d'ailleurs dans des régions anatomiques très différentes. M. Ph. van Thieghem (2) signale aujourd'hui l'existence de ce tissu dans une nouvelle région : l'assise pilifère de la racine des Conifères et des Cycadacées.

M. C. Muller (3) a étudié le collenchyme dans les pétioles de plus de quatre cents espèces; ses observations l'amènent à distinguer dans ce tissu les variétés suivantes : 1° le *collenchyme angulaire* (*Ecken-Collenchym*), dans lequel les épaississements sont limités aux angles des cellules et qui est le collenchyme typique des auteurs (*Impatiens, Begonia*, etc.); — 2° le *collenchyme libérien* (*Bast-Collenchym*), dans lequel les cellules sont unies entre elles sans méats et ont leurs parois uniformément épaissies (*Conium, Salvia*, etc.); — 3° le *collenchyme cartilagineux* (*Knorpel-Collenchym*) à parois uniformément épaissies et dans lequel on ne peut distinguer de limites entre les cellules (*Œnanthe fistulosa, Plantago lanceolata*, etc.); — 4° le *collenchyme en plaque* (*Platten-Collenchym*) caractérisé par des épaississements uniformes en lames aplaties, étendus sans interruption sur les parois tangentielles de plusieurs cellules (*Astrantia major, Tussilago Farfara, Sanguisorba*, etc.); —

(1) C. Correns : *Zur Kenntniss der inneren Structur der vegetabilischen Zellmembranen* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXIII, p. 354-838, 1891).

(2) Ph. Van Tieghem : *Un nouvel exemple de tissu plissé* (Journal de Botanique, 5e année, p. 165, 1890).

(3) C. Müller : *Ein Beitrag zur Kenntniss der Formen des Collenchyms* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 5, p. 150-166, 1890).

5° le *collenchyme méatique* (*Lücken-Collenchym*) (fig. 4), dans lequel les épaississements sont localisés autour des méats (*Petasites officinalis* et *niveus*, *Helianthus tuberosus* (fig. 11), *Pulmonaria*, etc.); — 6° le *métacollenchyme* (*Metacollenchym*) dont les épaississements sont de formation très tardive et apparaissent vers la fin de la vie des cellules (*Acacia*, *Gunnera scabra*) ; à cette forme se rattache sans doute le *Keratenchym* de Wigand; — 7° le *protosclerenchyme* (Protosclerenchym) ou « collenchyme transitoire » de M. Haberlandt, qui n'est qu'un premier état des fibres du sclérenchyme. M. Müller pense que le rôle principal du collenchyme serait de servir à la réserve aqueuse.

Le collenchyme est normalement formé de cellulose. M. Molisch (1) a trouvé au-dessous de l'épiderme du fruit du *Solanum melongena* var. *coccinea* et de nombreuses variétés de *Capsicum*, un tissu qui a l'apparence extérieure du collenchyme, mais dont les parois sont fortement subérisées. Ce tissu que l'auteur appelle *liège collenchymateux* (*collenchymatischer Kork*) participerait à la fois, quant à ses fonctions, du liège et du collenchyme.

Le liège est habituellement considéré comme étant un tissu mort qui sert à

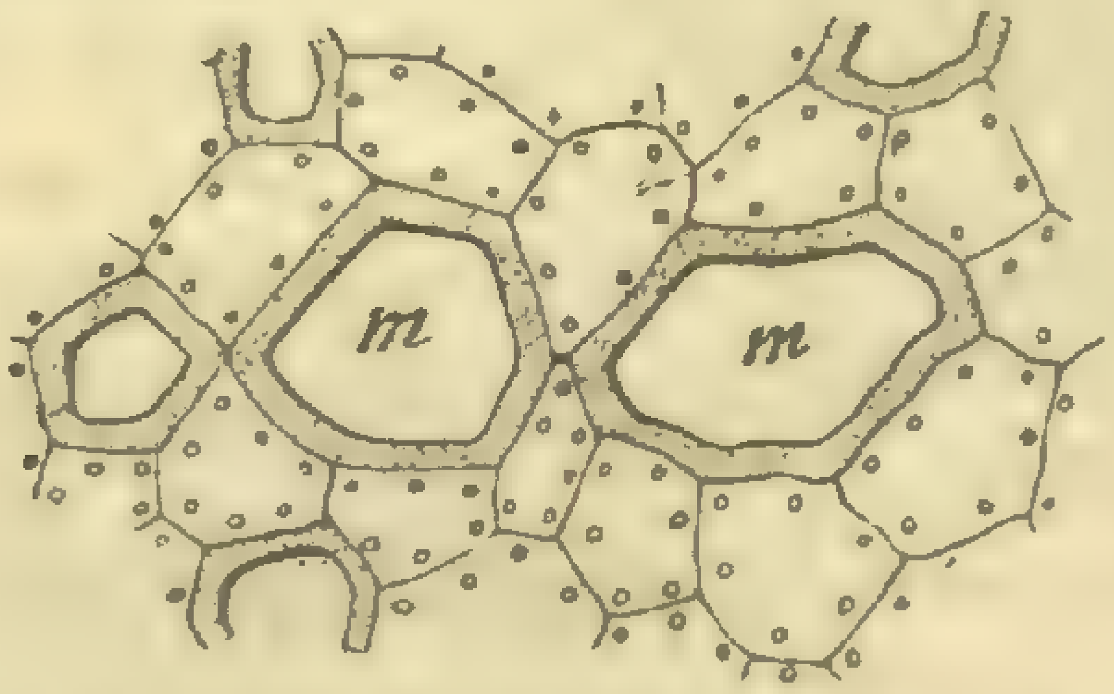


Fig. 11. — Coupe à travers le pétiole de l'*Helianthus tuberosus* montrant le collenchyme méatique de l'hypoderme. — *m*, méat entouré d'une plaque de collenchyme commune aux cellules qui bordent ce méat. (D'après C. Müller.)

protéger, contre la dessiccation, les organes qu'il recouvre. M. J. Wiesner (2) a constaté que dans certains cas les cellules du liège restent longtemps vivantes; elles s'opposent alors beaucoup moins à la dessiccation des parties sous-jacentes, mais elles peuvent servir à l'absorption des liquides. Des tubercules de Pomme de terre à liège périphérique vivant perdent dans les mêmes conditions beaucoup plus d'eau que les tubercules à liège mort, mais par contre, dans l'eau ou dans le sol humide les premiers absorbent de 5 à 7 fois plus d'eau que les seconds. Tant que la terre est humide, le liège des tubercules paraît rester vivant, mais ses assises les plus externes cessent de vivre dès que le sol commence à se dessécher; le rôle absorbant du liège est alors fini et son rôle protecteur commence. Ce n'est pas seulement dans les organes souterrains d'ailleurs que M. Wiesner a pu observer la persistance de la vie dans les cellules du liège. C'est ainsi que dans les jeunes rameaux d'Érable et de Tilleul il a trouvé le périderme encore vivant pendant l'hiver.

(1) H. Molisch : *Collenchymatische Korke* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. VII, Heft 9).

(2) J. Wiesner : *Ueber das Saftperiderm* (Œsterreichische botanische Zeitschrift, p. 107-111, 1890).

2° *Lenticelles et stomates.*

M. H. DEVAUX (1) a constaté que les lenticelles des tubercules de Pomme de terre prennent un développement extraordinaire lorsqu'ils sont placés dans de l'air humide, ou mieux encore, lorsqu'ils plongent incomplètement dans l'eau. Il a en outre observé des faits analogues sur la tige du Peuplier, sur la tigelle du Peuplier germant dans l'eau, etc.; le phénomène est facilité par la chaleur et paraît mieux se produire à la lumière. Pour l'auteur, cette hypertrophie des lenticelles représente une adaptation de la plante à des conditions de grande humidité extérieure.

On sait que de Candolle considérait les lenticelles comme des bourgeons radiculaires et que cette opinion, combattue en particulier par Hugo Mohl, fut rejetée par les auteurs qui suivirent. M. H. KLEBAHN (2) a constaté que dans le *Solanum Dulcamara* et l'*Herminiera Elaphroxylon*, on trouve dans l'écorce, au-dessous de chaque lenticelle, une ébauche de racine ; les racines adventives proviennent toujours du développement de ces ébauches et il suffit de mettre dans l'eau un fragment de tige de *Solanum dulcamara*, pour voir bientôt des racines se développer à travers les lenticelles. Toutefois cette relation de position entre les lenticelles et les ébauches des racines adventives est trop peu répandue pour qu'on puisse en donner une explication physiologique plausible.

M. A. WEISS (3), continuant des recherches dont les premiers résultats avaient été publiés en 1865 (4), donne aujourd'hui sur la forme, la disposition, le nombre et la grandeur des stomates d'un nombre considérable de plantes, des renseignements d'une grande précision, renseignements d'autant plus utiles que les espèces étudiées ont des conditions d'existence extrêmement variées.

M. W. KORELLA (5) a recherché l'existence et la répartition des stomates sur les sépales. Ses observations ont porté sur 288 espèces réparties dans 192 genres et 58 familles : 5 espèces seulement se sont montrées dépourvues de stomates (*Andromeda polifolia*, *Amaranthus caudatus*, *A. bicolor*, *A. speciosus*, *A. atropurpureus*); 222 espèces en présentent sur les deux faces des sépales, 65 seulement sur la face externe et 2 seulement sur la face interne (*Cerinthe auriculata*, *C. minor*). Le nombre et la grandeur des stomates sont extrêmement variés et il en est de même de leur répartition à la surface des sépales.

(1) H. Devaux : *Hypertrophie des lenticelles chez la Pomme de terre et chez quelques autres plantes* (Bulletin de la Société botanique de France, 2e série, t. XIII, fasc. 1, p. 48-50, 1890).

(2) H. Klebahn : *Ueber Wurzelanlagen unter Lenticellen bei Herminiera Elaphroxylon und Solanum dulcamara* (Flora, 1891, p. 125-139).

(3) A. Weiss : *Weitere Untersuchungen über die Zahlen-und Grössenverhältnisse der Spaltöffnungen* (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien., Bd. XCIX, Heft 6 et 7, p. 307-382, 1890).

(4) A. Weiss : *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, Bd. IV, p. 125, 1865).

(5) Wilhelm Korella : *Ueber das Vorkommen und die Vertheilung der Spaltöffnungen auf den Kelchblättern* (Inaug.-Dissertation, Königsberg, 1890).

3° *Poils et piquants.*

Les jeunes feuilles du *Corokia budleoides* sont couvertes de poils en navette qui forment à leur surface un épais feutrage; les poils de la face inférieure persistent seuls sur les feuilles adultes. Les poils des deux faces et les deux épidermes ont leurs parois imprégnées de carbonate de chaux. A un certain stade de leur développement et du développement de la feuille, la cellule terminale des poils se recouvre de petites éminences coniques formées de carbonate de chaux, en même temps que ses parois s'épaississent considérablement; peu après les exsudations calcaires disparaissent et les parois cellulaires reprennent leur minceur primitive. M. A. Weiss (1), qui a observé ces faits, pense que les cellules terminales des poils servent à un moment donné à emmagasiner de la cellulose et du calcaire, lesquels sont ensuite utilisés ailleurs.

M. R. Keller (2) a recherché les causes et le mécanisme de la chute des poils, mais les résultats qu'il a obtenus sont peu susceptibles de généralisation. L'éclairement lui paraît jouer un certain rôle dans la chute ou la persistance des poils dans les feuilles bifaciales, c'est en effet la face supérieure, c'est-à-dire la plus éclairée qui devient glabre. La structure anatomique du poil lui paraît avoir une grande influence sur le processus qui détermine sa chute; c'est ainsi que dans les poils unicellulaires, la chute se produit par rupture du poil. Les poils ne disparaissent pas en entier; leur portion basilaire demeure fixée à l'organe et porte une cloison transversale subérifiée qui isole les parties sous-jacentes du milieu extérieur.

M. Lothelier (3) a constaté que chez le *Berberis* et le *Cratægus* l'air sec accélère la production des piquants, tandis que l'air humide la retarde; de plus le tissu de soutien prend aux dépens du parenchyme un plus grand développement dans l'air sec que dans l'air humide. L'auteur a en outre montré que, dans les plantes précédentes et dans un certain nombre d'autres, un éclairement intense détermine la formation de piquants plus nombreux, mieux différenciés et plus fortement développés que dans les conditions ordinaires.

4° *Tissu conjonctif.*

M. Van Tieghem (4) a montré que chez diverses Prêles (*E. limosum*, *E. littorale*, etc.) et chez certaines Dicotylédones (Nymphéacées, *Ranunculus lingua*,

(1) A. Weiss : *Untersüchungen über die Trichome von Corokia budleoides* (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. XCIX, Heft 4 et 5, p. 268-282, 1890).

(2) R. Keller : *Ueber Erscheinungen des normalen Haarverlustes an Vegetationsorganen der Gefässpflanzen* (Inaug.-Dissertation, Berlin, 1890).

(3) A. Lothelier : *Influence de l'état hygrométrique de l'air sur la production des piquants* (Bulletin de la Soc. Bot. de France, 1890). — *Influence de l'éclairement sur la production des piquants des plantes* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 12 janvier 1891).

(4) Ph. Van Tieghem : *Remarques sur la structure de la tige des Prêles* (Journal de Botanique, n° 21, 1890).

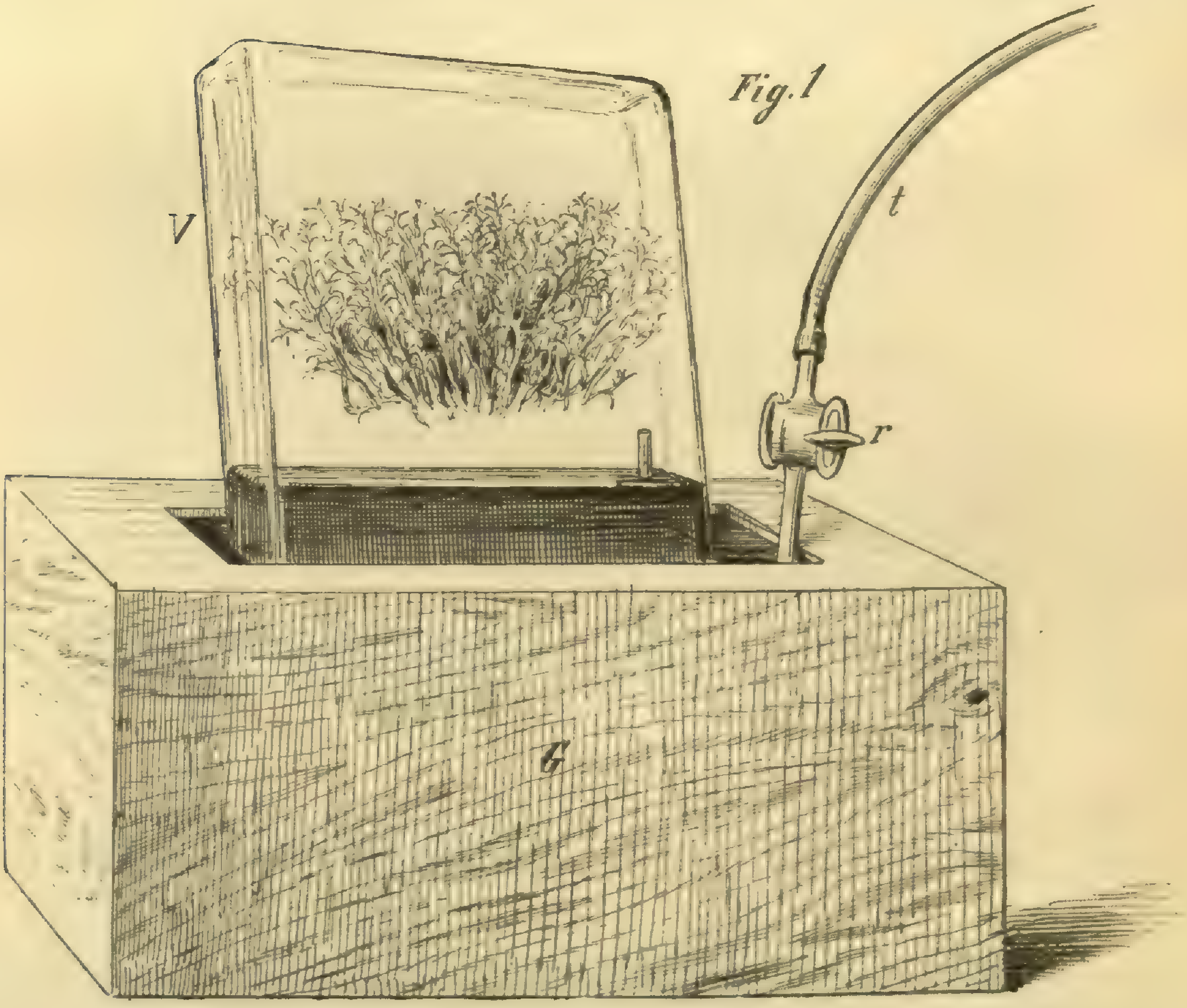
R. aquatilis, etc.) ou Monocotylédones (*Hydrocleis*, *Limnocharis*, etc.), la tige est caractérisée par l'absence de cylindre central ou de *stéle*, en un mot présente la structure *astélique*. Chaque faisceau libéro-ligneux, en effet, est plongé directement dans un parenchyme qui de la périphérie jusqu'au centre est l'écorce, parenchyme dont l'assise qui borde chaque faisceau se développe tout autour en un endoderme particulier. On sait d'autre part que le péricycle est, par définition, la partie du conjonctif du cylindre central extérieure aux faisceaux. Dans la structure astélique, il n'y a pas de cylindre central et partant pas de conjonctif, il ne saurait donc y avoir de péricycle, pas plus que de moelle ou de rayon médullaire. M. Van Tieghem donne le nom de *péridesme* à l'assise ou couche de tissu qui dans la structure astélique entoure sous l'endoderme particulier, le liber et le bois de chaque faisceau libéro-ligneux.

(*A suivre.*) A. Prunet.

Fig. 3

Fig. 2

Fig. 1



Millot del. Ed. Crête. Vilou sc.

Recherches physiologiques sur les Lichens.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois, et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue*.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 7, rue Amyot, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 mars 1892

N° 39

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52, RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 MARS 1892

Pages.

I. — SUR LES TUBERCULES DES ÉQUISÉTACÉES (avec figures dans le texte), par **M. Leclerc du Sablon** 97

II. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES LICHENS (avec planches), par **M. Henri Jumelle** (*suite*)........... 103

III. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES BACTÉRIES ET LES FERMENTATIONS parus pendant l'année 1890 (avec figures dans le texte), par **M. Léon Boutroux**............ 122

IV. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*suite*)........................... 135

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHE 5. — *Recherches physiologiques sur les Lichens.*

Cette livraison renferme en outre quarante-trois gravures dans le texte.

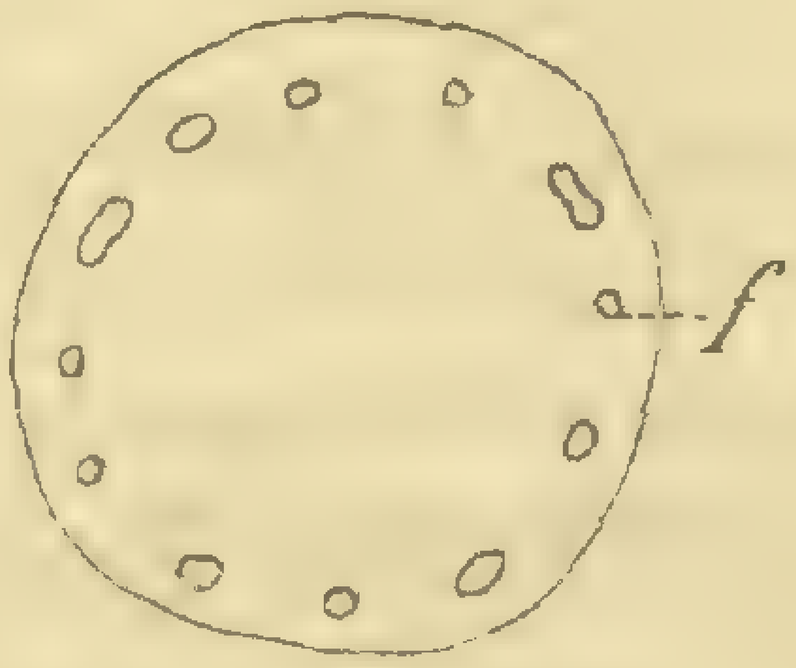
Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

SUR

LES TUBERCULES DES ÉQUISÉTACÉES

Par M. LECLERC DU SABLON

On a signalé depuis fort longtemps sur le rhizome de certaines espèces de Prêles la présence de tubercules gros à peu près comme une graine de Pois. Ce sont ordinairement de petits rameaux réduits à un seul entre-nœud ; quelquefois plusieurs tubercules sont réunis en file, séparés par des étrangle-



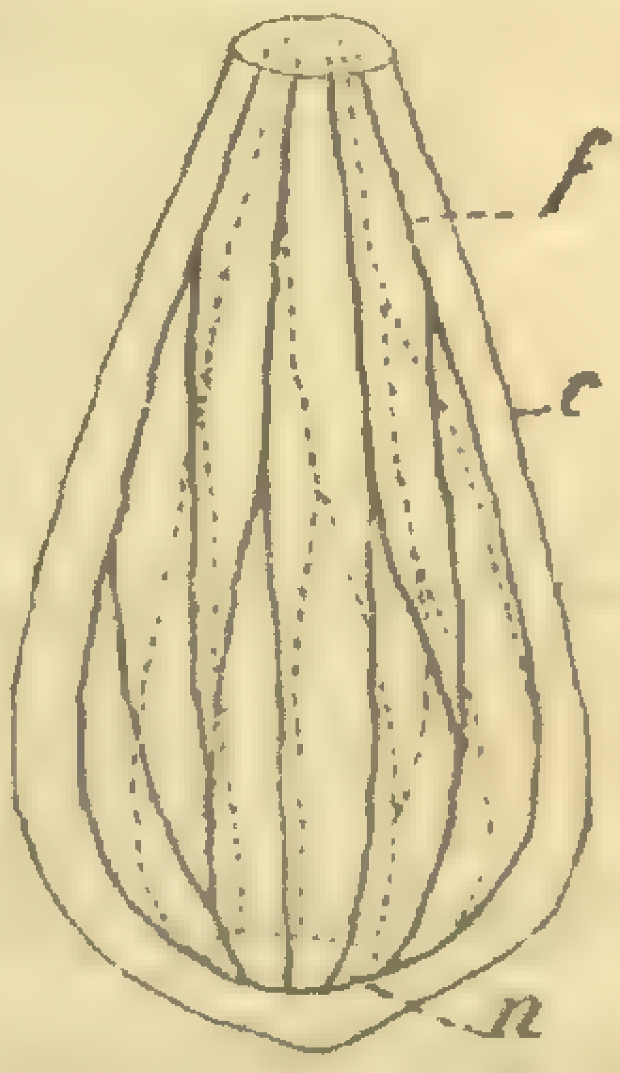


Fig. 12. — Tubercule (grandeur naturelle) ; *rh*, rhizome ; *r*, racine ; *t*, tubercule. — Fig. 13. — Coupe transversale d'un tubercule ; *f*, faisceau. — Fig. 14. — Figure théorique montrant la disposition des faisceaux d'un tubercule ; *c*, contour du tubercule ; *f*, faisceau ; *n*, couronne formée par la réunion des faisceaux.

ments correspondant aux nœuds et formant comme un chapelet. Séparés du rhizome qui les porte, les tubercules peuvent passer à l'état de vie ralentie, puis lorsque les conditions sont favorables, germer et produire une nouvelle plante.

Les tubercules de Prêle sont ordinairement très profondément situés dans le sol ; c'est sans doute pour cette raison qu'on les a fort peu étudiés jusqu'à présent ; aussi me semble-t-il

opportun de faire connaître les quelques observations anatomiques que j'ai eu l'occasion de faire sur ce sujet.

Les tubercules d'*Equisetum Telmateia* sont pyriformes (fig. 12), l'extrémité qui s'insère sur le rhizome étant la plus mince ; il peut y avoir deux et même trois tubercules attachés au même nœud d'un rhizome, mais jamais je n'ai vu dans cette espèce plusieurs tubercules former un chapelet.

Dans une coupe transversale faite dans la partie moyenne d'un tubercule, on voit que l'épiderme est à peine différencié des cellules sous-jacentes ; la paroi externe des cellules recouverte d'une très mince couche de cuticule ne paraît pas du

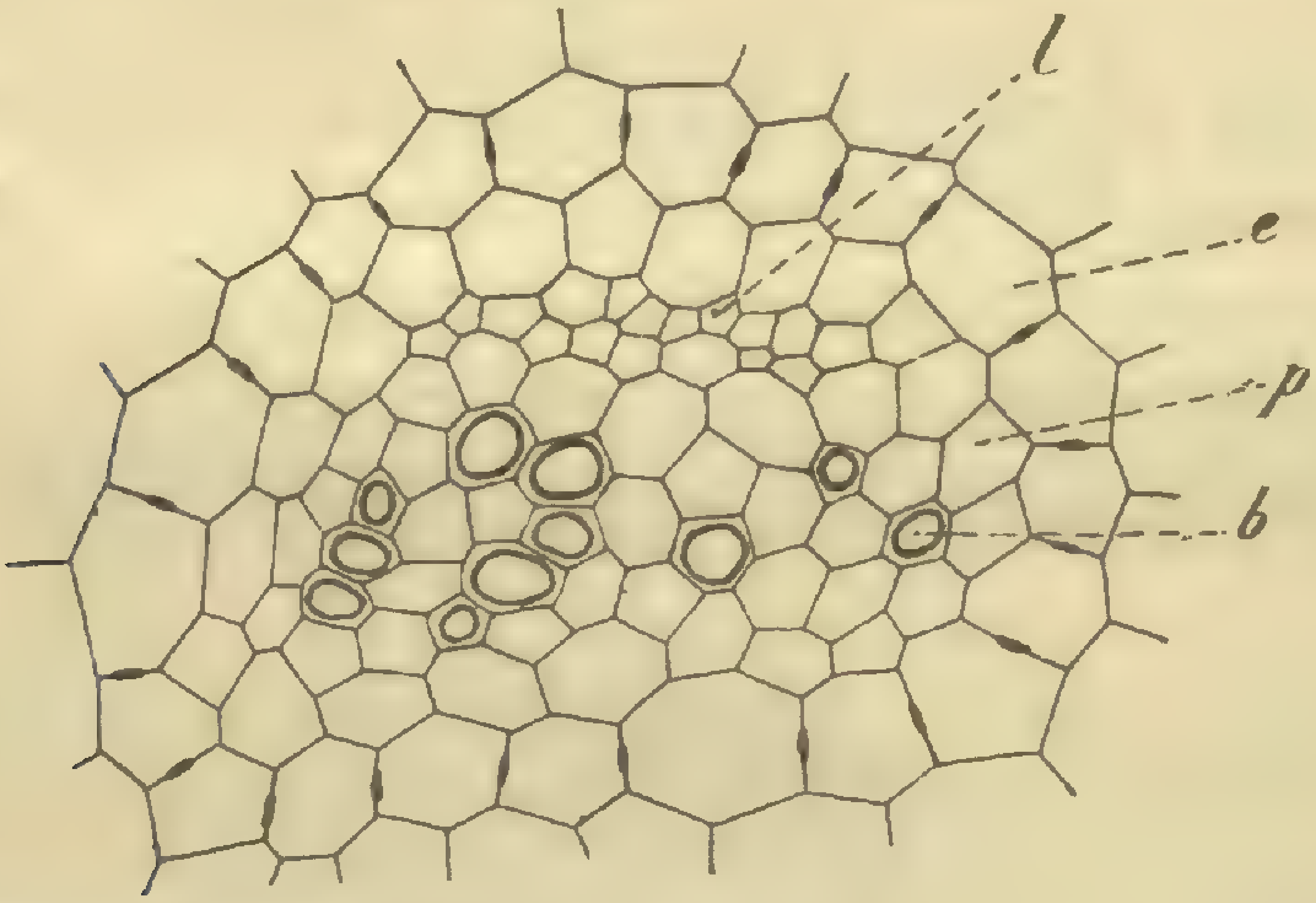


Fig. 15. — Faisceau libéro-ligneux d'un tubercule ; *e*, endoderme ; *p*, péricycle ; *b*, bois ; *l*, liber.

tout incrustée de silice. A l'intérieur de l'épiderme, on voit des cellules de parenchyme renfermant des grains d'amidon en abondance. Ce parenchyme s'étend sans discontinuité jusqu'au centre de la section. Vers la périphérie de la section (fig. 13) se trouve un cercle de faisceaux libéro-ligneux dont nous allons examiner la structure.

Tout autour du faisceau est un endoderme (*e*, fig. 15) présentant sur ses parois radiales les plissements caractéristiques ; le contour formé par l'endoderme présente la forme d'un cercle, ou plus souvent d'une ellipse plus ou moins irrégulière, allongée tangentiellement. A l'intérieur de l'endoderme, se trouve, comme dans la tige des Equisétacées en général, une assise de

parenchyme péricyclique *p* immédiatement en contact avec le faisceau libéro-ligneux. Le liber *l*, situé à la face externe du faisceau, est ordinairement peu développé et ressemble au liber de la tige.

Quant au bois il a une structure différente du bois d'un rhizome. D'abord, on n'y voit pas de lacune; or on sait que dans la tige des Equisétacées il se forme toujours une lacune, par dissociation des éléments, dans la partie la plus âgée des faisceaux du bois. C'est donc là une première différence intéressante entre le bois du tubercule et le bois de la tige.

En second lieu les vaisseaux du bois sont plus nombreux dans le tubercule que dans le rhizome; ils sont disposés sans ordre et mêlés à des cellules de parenchyme. Les vaisseaux les plus gros ne sont pas toujours vers la partie extérieure, mais mêlés irrégulièrement aux plus petits. On ne reconnaît nulle trace de la disposition en V qui caractérise les faisceaux de la tige.

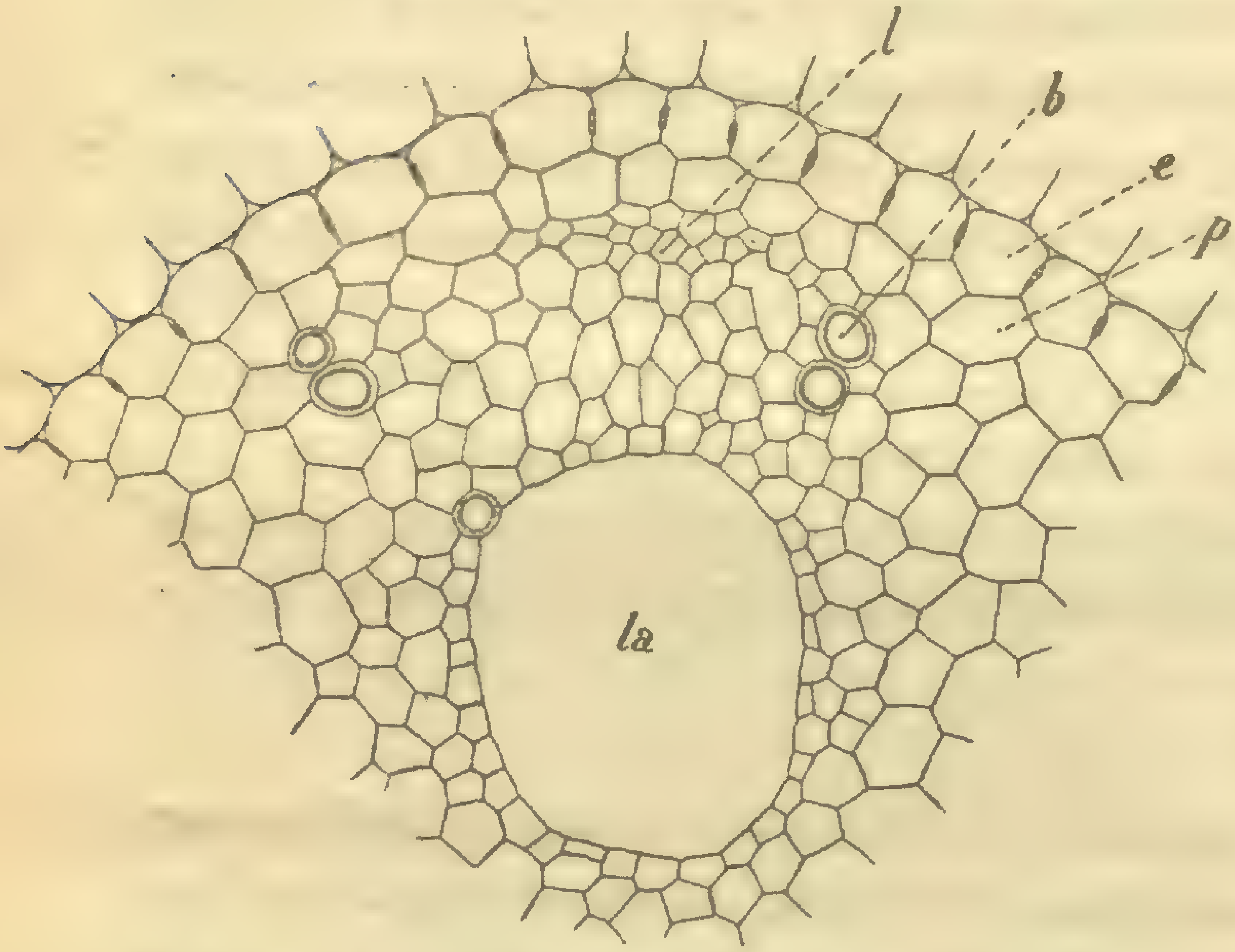
Dans une coupe longitudinale on constate que les vaisseaux sont tous annelés et spiralés, les anneaux ou les spirales lignifiées étant plus minces et moins rapprochés les uns des autres que dans la tige.

Les faisceaux qui se trouvent dans une même section transversale sont de dimensions différentes, on en voit qui sont en voie de division ou de réunion. Le nombre des faisceaux varie en effet suivant la région que l'on considère. A la base du tubercule il y en a de 6 à 8, dans la partie la plus large il y en a 14 ou 16; puis, certains faisceaux se réunissent deux à deux, et leur nombre redescend à 8 ou 9. Enfin tout à fait vers le sommet, les faisceaux se réunissent en une couronne qui correspond au nœud terminal du tubercule. Dans un tubercule, les faisceaux forment donc un réseau irrégulier dont on peut se faire une idée en regardant la figure 14. Dans un entre-nœud non différencié en tubercules, les faisceaux sont au contraire rectilignes et ne s'anastomosent pas.

La structure du tubercule ne diffère pas seulement de la structure du rhizome par les particularités que nous venons d'observer. On sait, en effet, que dans le rhizome d'*Equisetum*

Telmateia il n'y a qu'un seul endoderme renfermant tous les faisceaux dans un seul cylindre central. Nous venons de voir, au contraire, que dans le tubercule chaque faisceau est entouré d'un endoderme spécial comme cela se voit dans la tige ordinaire de certaines espèces. La présence d'un endoderme spécial autour de chaque faisceau avait déjà été constatée par M. Pfitzer (1) dans l'*E. arvense*, l'*E. palustre* et l'*E. silvaticum*.

La division de l'endoderme, en endodermes spéciaux entou-



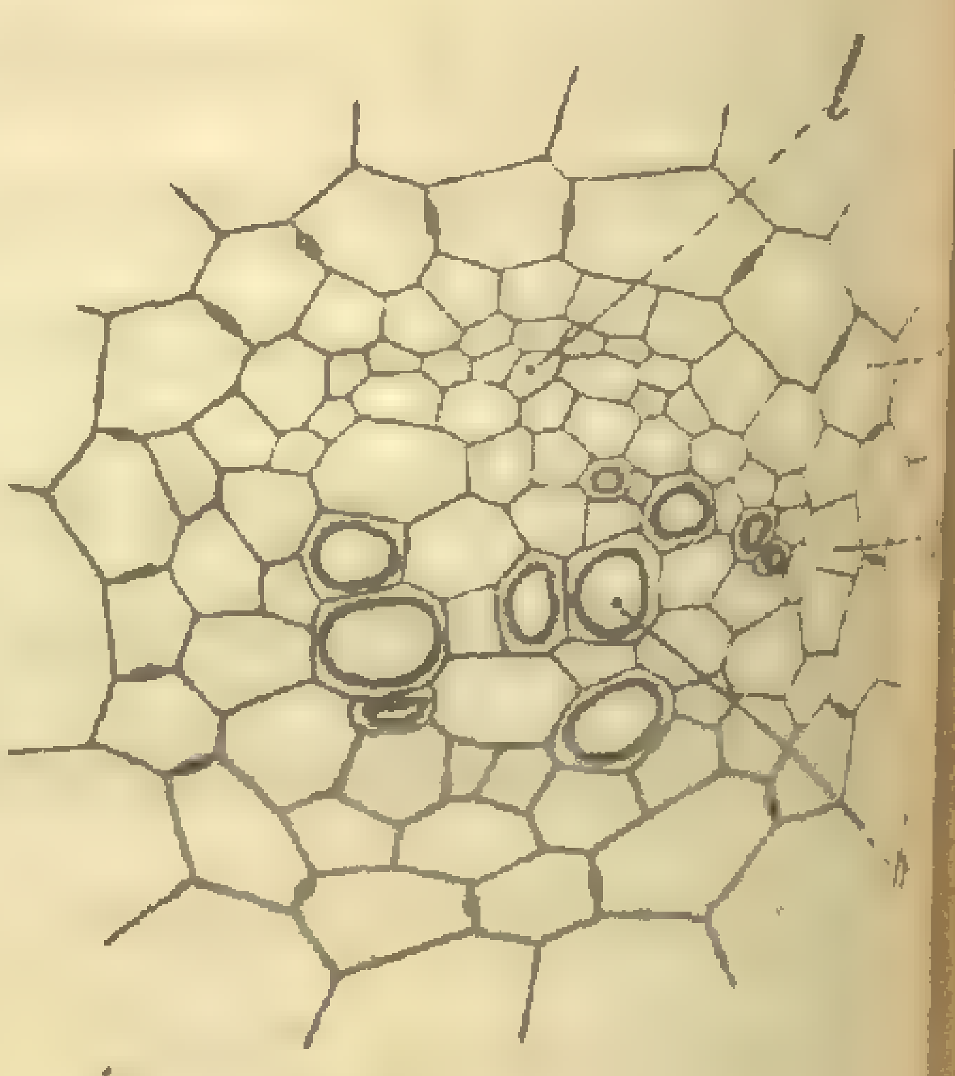


Fig. 16. — Faisceau libéro-ligneux du rhizome d'*Equisetum Telmateia*. — Fig. 17. — Faisceau libéro-ligneux d'un tubercule d'*E. silvaticum*; *e*, endoderme ; *p*, péricycle ; *b*, bois ; *l*. liber.

rant chaque faisceau, l'absence de lacunes dans le bois, et la disposition irrégulière des vaisseaux, tels sont les caractères principaux qui distinguent la structure du tubercule de celle du rhizome dans l'*Equisetum Telmateia*.

En comparant les figures 15 et 16 représentant l'une un faisceau du tubercule et l'autre un faisceau du rhizome, on peut facilement se rendre compte de l'étendue de ces différences.

Dans l'*Equisetum silvaticum* les tubercules sont ovoïdes et souvent disposés en chapelet, chaque rhizome correspondant à

(1) Pfitzer, *Ueber die Schutzscheide der deutschen Equisetaceen* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, tome VI, 1867).

un entre-nœud du rhizome modifié. Par leur structure, ces tubercules ressemblent beaucoup à ceux de l'*E. Telmateia*. Cependant dans l'*E. silvaticum* quelques assises de parenchyme cortical sous-jacentes à l'épiderme sont fortement sclérifiées et forment une enveloppe protectrice; c'est d'ailleurs une particularité que l'on retrouve dans le rhizome de la même espèce. Dans la partie interne, se trouve un parenchyme formé de grandes cellules bourrées de grains d'amidon.

Les faisceaux (fig. 17), entourés chacun d'un endoderme spécial, ont à peu près la même disposition et la même structure que dans les tubercules d'*E. Telmateia*.

Ces quelques observations, qui demanderaient à être étendues à d'autres espèces, montrent que :

Les tubercules des Equisétacées sont, au point de vue anatomique, nettement différenciés des rhizomes. Les faisceaux libéroligneux sont entourés d'un endoderme spécial alors même que ce caractère ne se retrouve pas dans le rhizome, les vaisseaux du bois sont disposés sans ordre et il n'y a pas de lacune à la partie interne du faisceau.

Ce dernier caractère est d'ailleurs en rapport avec le rôle d'organe de réserve que jouent ces tubercules.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

Par M. Henri JUMELLE *(Suite)*.

Physcia parietina.

Le thalle, foliacé, est d'un *jaune orangé* plus vif que dans le *Parmelia caperata*.

Les gonidies sont des *Protococcus*.

En treize heures, à l'obscurité, $0^{gr},090$ de ce Lichen ont absorbé $0^{cc},67$ d'oxygène et rejeté $0^{cc},56$ d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,83$.

Les éprouvettes étant ensuite transportées à la lumière diffuse et laissées quatre heures, on observe que, au bout de ce temps, $0^{cc},31$ d'acide carbonique ont été décomposés ; l'atmosphère renferme en plus $0^{cc},36$ d'oxygène.

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,16$.

Il y a donc eu, ici encore, prédominance de l'assimilation sur la respiration, bien que, comme pour le Lichen précédent, le fait ne pût guère être prévu, si l'on fait attention à la couleur du thalle.

Umbilicaria pustulata.

Pour ce Lichen encore, il est intéressant de rechercher si l'assimilation peut être constatée. Le thalle, foliacé, et qui adhère, par un point seulement, au rocher, est d'une couleur assez indécise, jaune verdâtre.

En dix-sept heures, à l'obscurité, 3gr,960 d'*Umbilicaria* ont absorbé 16cc,30 d'oxygène et rejeté 13cc,85 d'acide carbonique.

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0{,}85$.

A la lumière diffuse, le même poids de Lichen a décomposé, en cinq heures, 5cc,86 d'acide carbonique, remplacés par 6cc,75 d'oxygène.

La résultante se traduit donc par une supériorité de l'assimilation sur la respiration.

Le rapport $\frac{O}{C} = 1{,}15$.

Sans nous attarder, outre mesure, dans la description de ces analyses, nous ajouterons que nous avons obtenu des résultats analogues aux précédents avec l'*Usnea barbata*, à thalle fruticuleux d'un vert cendré, avec le *Parmelia perlata*, à thalle foliacé vert pâle, avec le *Parmelia physodes*, à thalle blanc grisâtre, avec le *Parmelia olivacea*, à thalle vert olive, enfin avec le *Peltigera canina* dont les gonidies, d'espèces variées, sont en partie des *Glœocapsa*.

Toutes ces expériences, ainsi que les suivantes, ont été faites, à plusieurs reprises, pendant les mois de novembre à mai ; les résultats ont toujours été concordants.

Pour tous ces Lichens nous avons pu constater que, même à la lumière diffuse, l'assimilation l'emporte sur la respiration.

D'ailleurs ce fait du dégagement d'oxygène à la lumière par les Lichens foliacés ou fruticuleux peut être encore constaté d'une façon très simple, par une méthode bien connue.

Si on plonge une touffe de *Physcia ciliaris*, par exemple, ainsi que l'indique la figure 3 (planche 4), dans un vase plat en verre rempli d'eau chargée d'acide carbonique, et si on expose ensuite ce vase au soleil, on ne tarde pas à voir des bulles se dégager du Lichen et monter à la surface de l'eau. Ce dégagement s'arrête aussitôt qu'on place devant le vase un écran interceptant la lumière; il recommence quand l'écran est enlevé. Or les bulles qui se dégagent ainsi sans se dissoudre

dans l'eau sont, comme on sait, dues à l'oxygène mis en liberté à la suite de la décomposition de l'acide carbonique.

Le rejet d'oxygène, résultat définitif des échanges gazeux des Lichens foliacés ou fruticuleux à la lumière, est ici mis en évidence par l'observation directe.

2° Lichens crustacés. — Les Lichens crustacés, sur lesquels il nous reste à répéter les recherches précédentes, sont ces Lichens dont le thalle est si adhérent au substratum, écorce ou rocher, qu'il ne peut en être séparé.

C'est surtout pour ces végétaux aux couleurs variées, au thalle en général si peu développé que, parfois, les périthèces seuls apparaissent au dehors, qu'il est permis d'émettre des doutes sur une intensité d'assimilation supérieure à la respiration. La confirmation de l'expérience est, dans ce cas, de toute nécessité.

Nous nous sommes servis des mêmes éprouvettes que précédemment, dans lesquelles nous introduisions des fragments de roches ou d'écorces recouvertes par le Lichen.

La principale difficulté consiste ici à trouver de ces fragments où la présence d'aucun élément étranger ne puisse être une source d'erreur. Pour les Lichens vivant sur les écorces, en particulier, il convient de s'assurer tout d'abord, par un examen attentif, qu'ils se trouvent seuls sur le morceau introduit dans l'éprouvette. On remarquera que nous avons, le plus souvent, expérimenté sur des échantillons pris sur des rochers; dans lequel cas toute possibilité d'erreur semblable à celle que nous signalons disparaît complètement.

Il est à peine besoin de faire remarquer que dans toutes les expériences qui vont suivre, nous n'indiquerons plus que le changement de composition pour 100 de l'atmosphère. Le poids d'un Lichen crustacé étant en effet indéterminable, nous ne pouvons plus, comme pour les espèces foliacées ou fruticuleuses, donner des nombres absolus.

Ces nombres sont, du reste, inutiles, puisque nous nous préoccupons surtout de rechercher si, à la lumière, l'assimilation

l'emporte sur la respiration. Il nous suffira de constater s'il y a, dans des conditions données, augmentation ou diminution d'acide carbonique.

Pertusaria communis.

Le *Pertusaria communis* se rencontre généralement sur les écorces d'arbres, mais on le trouve aussi quelquefois sur les rochers. Le thalle est gris blanchâtre.

1° Un fragment d'écorce couvert de ce *Pertusaria* a été laissé dix-sept heures à l'obscurité. Au bout de ce temps l'atmosphère était ainsi modifiée :

$$+ CO^2 \text{ p. } 100 = 6{,}61 \qquad - O = 7{,}80$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0{,}85$.

Le même fragment a été ensuite exposé cinq heures à la lumière diffuse. La composition de l'atmosphère à la fin de l'expérience est restée sensiblement la même.

2° Un morceau de roche, envahi par le même Lichen (*Pertusaria communis*, var. *rupestris*), a été, pendant le même temps que précédemment, laissé à l'obscurité. La composition de l'air a présenté les changements suivants :

$$+ CO^2 = 2{,}42 \qquad - O = 2.92$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0{,}83$.

A la lumière diffuse, pendant sept heures, nous n'avons pu, ici encore, observer de modification sensible dans l'atmosphère.

Au contraire, si la plante est placée, non plus à la lumière diffuse, mais au soleil, on trouve une certaine quantité d'oxygène dégagé. En effet les changements suivants sont survenus dans la composition de l'air :

$$- CO^2 \text{ p. } 100 = 0{,}78 \qquad + O \text{ p. } 100 = 1{,}31.$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1{,}67$.

L'assimilation, chez le *Pertusaria communis*, peut donc l'emporter sur la respiration, mais seulement au soleil.

A la lumière diffuse, il semble y avoir balancement entre les deux phénomènes.

Pertusaria amara.

Le thalle est également blanchâtre, avec des apothécies noires.

Deux fragments de roche, recouverts par ce *Pertusaria amara*, ont été mis dans deux éprouvettes, à l'obscurité. Après dix-sept heures, nous avons constaté les modifications suivantes :

1° Dans la première éprouvette :

$$+ CO^2 \text{ p. } 100 = 8,85 \qquad - O \text{ p. } 100 = 10,66$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,83$;

2° Dans la seconde éprouvette :

$$+ CO^2 = 7,84 \qquad - O = 9,40$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,83$.

La première de ces éprouvettes a été mise six heures à la lumière diffuse, pendant une journée de soleil. La seconde a été exposée pendant le même temps aux rayons solaires directs. L'atmosphère des deux éprouvettes a été modifiée ainsi qu'il suit :

1° Dans la première éprouvette, *à la lumière diffuse*, il y a eu dégagement d'acide carbonique :

$$+ CO^2 \text{ p. } 100 = 1,65 \qquad - O = 1,78$$

2° Dans la seconde éprouvette, *au soleil*, il y a eu au contraire disparition d'acide carbonique :

$$- CO^2 = 0,52 \qquad + O = 0,97$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,86$.

Ainsi, dans le *Pertusaria amara*, on peut encore constater

la prédominance de l'assimilation sur la respiration, mais au soleil seulement.

Lecanora subfusca.

On le trouve surtout sur les écorces d'arbres. Le thalle, verruqueux, est blanchâtre, avec des apothécies brunes.

Les gonidies sont des *Pleurococcus.*

L'atmosphère des éprouvettes a été ainsi modifiée en dix-sept heures à l'obscurité :

$$+ CO^2 \text{ p. } 100 = 11{,}74 \qquad - O \text{ p. } 100 = 14{,}48$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0{,}80$.

Pendant sept heures, à la lumière diffuse, nous avons ensuite trouvé :

$$+ CO^2 = 1{,}23 \qquad - O = 1{,}48$$

A la lumière solaire directe, nous avons, par contre, observé dans la composition de l'air les changements suivants :

$$- CO^2 \text{ p. } 100 = 1{,}57 \qquad + O = 2{,}64$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1{,}68$.

Pour qu'il y ait dégagement d'oxygène, il faut donc que le *Lecanora subfusca* soit exposé aux rayons solaires directs.

Lecanora hæmatomma.

Le thalle est farineux, verdâtre, avec des apothécies rouges.

Un fragment de roche, recouverte de ce *Lecanora*, a ainsi modifié l'atmosphère, à l'obscurité, en dix-sept heures :

$$+ CO^2 \text{ p. } 100 = 10{,}02 \qquad - O = 12{,}64$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0{,}80$.

A la lumière diffuse, en sept heures, nous avons trouvé :

$$+ CO^2 \text{ p. } 100 = 1{,}27 \qquad - O = 1{,}71$$

Au soleil, en cinq heures, il y a eu, au contraire, dégagement d'oxygène.

$$-CO^2 = 3,11 \qquad +O = 3,55$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,13$.

Les résultats sont donc les mêmes que pour les Lichens crustacés précédents.

Lecidea superans.

Le thalle forme sur les rochers des taches d'un gris noirâtre, avec apothécies noires.

I. Deux fragments de roches, avec *Lecidea superans*, ont été placés dans des éprouvettes, pendant dix-sept heures, à l'obscurité. L'atmosphère a été ainsi modifiée :

1° Dans la première éprouvette :

$$+CO^2 \text{ p. } 100 = 3,11 \qquad -O = 3,34$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,85$.

2° Dans la seconde éprouvette :

$$+CO^2 \text{ p. } 100 = 3,58 \qquad -O = 4,21$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,85$.

II. Comme précédemment, pour le *Pertusaria communis*, l'une de ces éprouvettes a été exposée à la lumière diffuse, et l'autre à la lumière solaire directe.

1° Dans la première éprouvette, mise à la lumière diffuse, il y a eu absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique :

$$+CO^2 = 0,93 \qquad -O = 0,95$$

2° Dans la seconde éprouvette, mise au soleil, il y a eu, au contraire, décomposition d'acide carbonique et rejet d'oxygène :

$$-CO^2 \text{ p. } 100 = 1 \qquad +O = 1,44$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,44$.

Les résultats concordent donc avec les précédents.

Opegrapha notha.

Le thalle se trouve plus ou moins caché dans l'écorce de l'arbre, sur laquelle se détachent cependant nettement les apothécies noires.

Les gonides de l'*Opegrapha notha*, comme des Graphidées en général, sont des *Trentepohlia*.

Des morceaux d'écorce d'Orme avec *Opegrapha notha* ont été laissés à l'obscurité, dans des éprouvettes. La composition de l'air se trouve ainsi modifiée après dix-sept heures :

$$+ CO^2 = 7,76 \qquad - O = 10,38$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,74$.

A la lumière diffuse, nous avons ensuite trouvé, après sept heures :

$$+ CO^2 = 0,80 \qquad - O = 1$$

Au soleil, après le même temps, on observe, au contraire, une décomposition d'acide carbonique :

$$- CO^2 = 1 \qquad + O = 1,50$$

Le rapport $\frac{O}{C} = 1,50$.

On pourrait objecter à ces dernières expériences, faites sur l'*Opegrapha*, qu'il se trouve peut-être, sur l'écorce de l'arbre, outre le Lichen, soit des grains de chlorophylle, soit des Algues microscopiques qui seraient alors, bien plutôt que ce Lichen, les vrais agents de l'assimilation.

Nous nous hâtons d'ajouter que, pour prévenir cette objection, nous avons placé comparativement, à côté des éprouvettes renfermant les morceaux d'écorce recouverts d'*Opegrapha*, d'autres éprouvettes contenant des morceaux de la même écorce, mais non envahis par le Lichen. Nous n'avons, dans ces dernières, constaté, pendant la durée de l'expérience, aucun échange gazeux appréciable.

Le *Lecidea geographica*, à thalle jaune, et le *Lecidea atro-alba*, à thalle brunâtre, nous ont donné les mêmes résultats que les précédents Lichens. Le dégagement d'oxygène n'a eu lieu qu'à la lumière solaire directe.

3. — Conclusions.

Ainsi tous les Lichens que nous avons étudiés se sont montrés susceptibles de présenter, au moins dans certaines conditions, une prédominance de l'assimilation sur la respiration.

Après avoir observé cette prédominance chez les espèces de *Lecidea*, de *Pertusaria* (1) et d'*Opegrapha* citées plus haut, il nous semble qu'on peut, sans la moindre hésitation, généraliser le résultat et l'étendre à l'ensemble de la classe. Car les Lichens dont nous venons de rappeler les noms comptent évidemment parmi ceux chez lesquels l'assimilation pouvait paraître le plus douteuse.

En résumé, donc :

Chez tous les Lichens, au moins dans certaines conditions, l'assimilation peut, à la lumière, prédominer sur la respiration. L'Algue semble, par suite, suffire pour fixer dans la plante, aux dépens de l'atmosphère, le carbone nécessaire; le Lichen est, sous ce rapport, indépendant du substratum.

L'intensité assimilatrice varie toutefois énormément suivant l'espèce considérée. Relativement forte, en général, dans les Lichens fruticuleux ou foliacés, elle peut, chez la plupart des Lichens crustacés, devenir si faible que le dégagement d'oxygène n'est plus observable qu'à un fort éclairement.

Les conditions toutes particulières qu'exigent ces derniers Lichens crustacés — conditions qui, dans la nature, ne se trouvent pas toujours réalisées — laissent supposer que le rôle de

(1) Parmi les Lichens crustacés dont nous avons étudié les échanges gazeux, le *Pertusaria communis* paraît celui dont l'intensité d'assimilation est le plus forte. En effet, plusieurs de ces expériences sur les Lichens crustacés ont été faites le même jour et dans les mêmes conditions. Or, tandis que, pour les *Lecidea* et les *Lecanora*, la résultante des échanges gazeux, à la lumière diffuse, se traduisait par une absorption d'oxygène, l'atmosphère entourant le *Pertusaria* n'éprouvait aucune modification sensible ; l'assimilation contre-balançait, en somme, la respiration.

l'Algue doit être alors fort intermittent. Ce fait expliquerait la lenteur extraordinaire que présente l'accroissement de ces organismes.

Au sujet de ces mêmes Lichens crustacés, il n'est peut-être pas sans intérêt, en outre, de faire remarquer que, d'après les analyses qui précèdent, *le rapport* $\frac{O}{C}$ *de l'oxygène qu'ils rejettent à l'acide carbonique qu'ils décomposent semble en général plus grand que chez les espèces fruticuleuses ou foliacées.* Dans un cas comme dans l'autre, ce rapport ne s'éloigne d'ailleurs jamais bien sensiblement de celui qu'on observe chez les végétaux supérieurs.

Jusqu'alors, dans tout ce qui précède, nous n'avons guère insisté sur les nombres obtenus dans les expériences faites à l'obscurité. En réalité, les résultats que ces nombres fournissent sont, par rapport aux précédents, de bien faible importance; ils peuvent être, sans qu'il soit nécessaire d'insister, et simplement comme donnée complémentaire, résumés en quelques mots :

A l'obscurité, le volume d'acide carbonique produit par les Lichens est toujours plus petit que le volume d'oxygène absorbé. Les Lichens assimilent de l'oxygène en l'absence de la lumière.

Pour toutes les espèces étudiées plus haut, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ *de l'acide carbonique dégagé à l'oxygène absorbé a toujours été sensiblement le même, et voisin de* 0,80.

A ce propos, il y a lieu de rappeler que chez les Algues qui, comme les *Protococcus*, les *Glæocapsa* et les *Trentepohlia*, entrent dans la composition des Lichens, ce même rapport respiratoire $\frac{CO^2}{O}$ est d'ordinaire bien plus faible. Le rapport 0,80 est celui qu'on observe plutôt chez les Champignons.

Si donc, à la lumière, l'assimilation de l'Algue peut voiler la respiration du Champignon, par contre, à l'obscurité, la respiration de celui-ci paraît voiler plus ou moins complètement, à son tour, la respiration de l'Algue.

Mais ceci n'est vrai que pour les Lichens hétéromères. Chez les Lichens homœomères, comme les *Collema*, où c'est la masse de l'Algue qui est supérieure à celle du Champigon, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ s'affaiblit et descend aux environs de 0,60. Dans ce cas, les échanges gazeux de l'Algue prédominent sur ceux de son associé, non plus seulement à la lumière, mais à la fois à la lumière et à l'obscurité.

CHAPITRE II

Influence de la sécheresse et de l'humidité sur la vie des Lichens.

Une plante phanérogame en voie de développement renferme toujours à l'état normal, dans ses différents organes, une proportion d'eau déterminée. Si, à un moment donné, cette proportion, variable avec l'âge (1), diminue sous l'influence de conditions défavorables de végétation, la plante, aussitôt, se fane, et, dans le cas où la dessiccation persiste, ne tarde pas à mourir.

On sait qu'il en est tout autrement chez les Lichens, et, en général, chez les végétaux inférieurs : fréquemment, et quelle que soit la phase de végétation qu'elles traversent, la plupart des Cryptogames se dessèchent sans qu'il semble en résulter d'autre effet qu'un arrêt momentané de développement.

Quel degré exact atteint toutefois cette dessiccation ? Ce degré peut-il être assez élevé pour produire une suspension des fonctions amenant dans la plante un état de vie latente comparable à celui des graines ; ou n'y a-t-il qu'un affaiblissement relatif des échanges gazeux ? Quelle est, d'autre part, la proportion d'eau que peut renfermer un Lichen humide ; et quelle relation précise y a-t-il entre les variations de cette humidité et l'intensité des phénomènes respiratoire et assimilatoire ?

Ce sont là, en dehors du fait même de la dessiccation, autant de points vers lesquels l'attention ne semble guère s'être portée jusqu'alors d'une façon sérieuse et qui, pourtant, nous ont paru mériter examen. Ils font l'objet des recherches qui vont suivre,

(1) Henri Jumelle : *Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles* (Revue générale de Botanique, 1889).

dans lesquelles nous prendrons particulièrement pour sujets d'étude les Lichens.

1. — Variations de la teneur en eau des Lichens.

Lichens a l'état sec. — Pour nous rendre compte, en premier lieu, du degré de dessiccation que peuvent, dans la nature, présenter ces végétaux, nous avons à plusieurs reprises, après des périodes de sécheresse, recueilli sur des arbres ou sur des rochers les espèces les plus variées. Tous ces échantillons ont été aussitôt pesés, puis mis à l'étuve et de nouveau pesés.

Nous avons ainsi constaté que le rapport de leur poids frais (1) au poids sec, au moment de la récolte, était environ :

Pour le	*Peltigera canina*	1,17
—	*Physcia ciliaris*	1,18
—	*Ramalina fraxinea*	1,20
—	*Parmelia Acetabulum*	1,14
—	*Lecanora subfusca*	1,16
—	*Physcia parietina*	1,21
—	*Physcia stellaris*	1,17
Etc.		

Dans des conditions analogues, nous avons trouvé pour une Mousse, l'*Orthotrichum affine*, le rapport 1,18 ; pour une Hépatique, le *Frullania dilatata*, 1,17.

D'autres Lichens et d'autres Cryptogames nous ont donné de même des nombres presque toujours compris entre 1,15 et 1,20.

Ces nombres, les plus inférieurs que nous ayons obtenus, représentent ainsi pour tous ces végétaux inférieurs l'état extrême de dessiccation qui puisse être normalement atteint, dans les conditions ordinaires de la nature.

On doit remarquer de suite qu'ils sont à rapprocher des nombres qu'on obtient lorsqu'on dessèche complètement, à l'étuve, une graine ordinaire, et qu'on compare à son nouveau poids le poids primitif. C'est à peu près encore ce même rapport variant de 1,15 à 1,20.

(1) Nous entendons toujours par *poids frais*, le poids de la plante *non desséchée complètement à l'étuve*, que ce poids soit, en réalité, plus ou moins voisin du *poids sec* de la plante *desséchée à l'étuve*.

Ce rapprochement suffirait déjà pour nous indiquer que les fonctions du Lichen, au moment où celui-ci a été recueilli, devaient être, comme celles de la graine avant la germination, à leur minimum d'intensité, c'est-à-dire si affaiblies qu'il devient impossible de les apprécier. Et, en effet, un *Evernia prunastri*, un *Parmelia caperata*, un *Ramalina fraxinea*, placés plusieurs jours dans le plus petit volume d'air possible, n'ont pu produire aucun changement sensible dans la composition de cet air.

Ces plantes n'étaient cependant pas mortes, car, imbibées ensuite d'eau, elles ont, à l'obscurité, absorbé énergiquement l'oxygène et rejeté de l'acide carbonique; à la lumière, elles ont assimilé.

Elles étaient donc bien seulement en cet état de vie latente, où toute fonction paraît suspendue.

Pour les graines, les expériences de MM. Van Tieghem et Bonnier (1) ont montré qu'à vrai dire le terme de *vie extrêmement ralentie* serait plus exact que celui de *vie latente*, car les échanges gazeux ne sont pas entièrement supprimés, ils sont seulement si affaiblis qu'ils ne deviennent apparents qu'au bout d'un temps suffisamment long, un an ou deux par exemple. Il est plus que probable que la même remarque s'applique aux Lichens, mais il est assez difficile ici de prouver directement le fait par l'expérience. Les Lichens, en effet, ne supportent pas aussi longtemps que les graines l'état de dessiccation; ils paraissent même s'altérer assez rapidement.

Nous avons, par exemple, conservé pendant trois mois à l'état sec un *Cladonia rangiferina;* puis nous l'avons, après ce temps, imbibé d'eau et mis dans une éprouvette à l'obscurité.

Or, en seize heures, un gramme (poids sec) de ce Lichen n'a absorbé que $0^{cc},270$ d'oxygène remplacés par $0^{cc},201$ d'acide carbonique, tandis que, dans le même temps, le même poids de *Cladonia* frais a absorbé $1^{cc},617$ d'oxygène et rejeté $1^{cc},132$ d'acide carbonique.

Au soleil, la résultante des échanges gazeux s'est traduite

(1) Ph. Van Tieghem et G. Bonnier : *Recherches sur la vie latente des graines* (Bulletin de la Société botanique, 13 janvier 1882).

pour le premier Lichen, par une diminution d'oxygène et un rejet d'acide carbonique égal à $0^{cc},043$, pendant que dans les mêmes conditions le second *Cladonia*, frais, a décomposé $0^{cc},418$ d'acide carbonique et dégagé $0^{cc},459$ d'oxygène.

On voit que la respiration du *Cladonia* conservé sec pendant trois mois s'est, pendant ce temps, considérablement affaiblie, et que la fonction assimilatrice de l'Algue a même complètement disparu.

Nous avons encore maintenu à l'état sec pendant trois mois, sur la branche où il s'était développé, un *Ramalina farinacea*. Nous l'avons ensuite imbibé d'eau et placé dans une éprouvette.

A l'obscurité, ce *Ramalina* n'a, en dix-sept heures, absorbé que $0^{cc},149$ d'oxygène; dans le même temps, un exemplaire frais en a absorbé, à poids sec égal, $5^{cc},550$.

A la lumière, le même Lichen n'a produit, en six heures, aucun changement dans la composition de l'atmosphère; le *Ramalina* frais a décomposé $2^{cc},610$ d'acide carbonique.

Les résultats ont été analogues avec un *Usnea barbata*.

Une dessiccation trop prolongée a donc une influence nuisible sur la vie des Lichens. La plante trop longtemps desséchée et placée de nouveau dans des conditions favorables d'humidité n'a plus avec l'atmosphère que des échanges gazeux très affaiblis, dans lesquels l'assimilation ne peut même plus, au soleil, l'emporter sur la respiration.

En d'autres termes, les Cryptogames supportent la vie latente, mais ne la supportent pas indéfiniment. Tout le monde sait, d'ailleurs, que les graines s'altèrent, de même, à la longue et perdent leur pouvoir germinatif. La seule différence entre les deux cas c'est que l'altération semble, en général, plus rapide chez les Lichens que chez les graines.

Cette altération relativement rapide montre, disons-le en passant, que la reviviscence des Lichens conservés en herbier, qui reprennent leur couleur verte lorsqu'on les imbibe d'eau, n'est, en somme, qu'apparente.

Lichens a l'état humide. — Puisque la proportion d'eau que renferment les Lichens, et nombre d'autres Cryptogames infé-

rieurs, dépend non de la constitution même du végétal, mais bien plutôt des conditions extérieures, avec lesquelles elle varie, il est assez admissible de penser que, lorsqu'ils sont tous placés dans des conditions identiques, des Lichens d'espèces diverses doivent présenter à peu près la même humidité.

En fait, nous avons trouvé que pour des Lichens pris l'un à côté de l'autre au même moment, par un temps de dégel, sur un tronc d'arbre, les rapports du poids frais au poids sec étaient les suivants :

Parmelia caperata..........................	1,62
Parmelia sulcata..........................	1,92
Parmelia Acetabulum..........................	2,07
Ramalina fraxinea..........................	1,58
Physcia ciliaris..........................	1,62
Physcia parietina..........................	1,72
Physcia stellaris..........................	2,66
Lecanora subfusca..........................	2,07

Un autre jour, les rapports étaient :

Physcia ciliaris..........................	1,42
Physcia aipolia..........................	1,78
Physcia stellaris..........................	2,43
Physcia parietina..........................	1,42
Ramalina fraxinea..........................	1,31
Parmelia Acetabulum..........................	1,38

Tous ces nombres (1) sont bien, comme on le voit, assez rapprochés les uns des autres, mais ce qui frappe surtout lorsqu'on les examine, c'est la faible proportion d'eau qu'ils représentent. Les Lichens étaient recueillis cependant à des époques où leur humidité devait être voisine du maximum.

Pour déterminer maintenant au juste ce maximum, nous avons plongé quelque temps dans l'eau un certain nombre d'exemplaires d'espèces diverses. La surface en a été ensuite essuyée avec soin ; les rapports du poids frais au poids sec, à cet état extrême d'imbibition, étaient alors les suivants :

Evernia prunastri..........................	2,75
Ramalina fraxinea..........................	3,10
Ramalina farinacea..........................	2,60

(1) Comme cas exceptionnel, il y a surtout à remarquer, dans les deux séries d'observations, la forte proportion d'eau du *Physcia stellaris*.

Cladonia rangiferina	2,71
Cladonia cornucopiæ	2,90
Cladonia furcata	3,45
Peltigera canina	4,21
Physcia parietina	4,31
Physcia aipolia	3,04
Physcia ciliaris	3,20
Umbilicaria pustulata	2,67
Usnea barbata	2,38
Parmelia caperata	2,48
Parmelia Acetabulum	3,36
Parmelia omphalodes	2,53
Parmelia physodes	2,12
Parmelia saxatilis	3,26
Pertusaria communis	2,00
Lecanora subfusca	2,10

Il est nécessaire de faire observer que beaucoup de ces nombres doivent être considérés comme seulement approximatifs, et qu'il ne faut pas toujours attacher une trop grande importance aux différences que présentent certains d'entre eux. Ces différences peuvent, en effet, tenir souvent à la présence d'une petite quantité d'eau restée interposée, à la surface de la plante, soit entre les plissements, soit à la base des lames foliacées; quelque soin que l'on apporte en essuyant le Lichen humecté, c'est là une légère cause d'erreur qu'il est toujours très difficile, sinon impossible, d'éviter complètement.

Le résultat général qui n'en reste pas moins net, c'est que la proportion maxima d'eau que peuvent contenir tous ces Lichens n'est jamais très élevée. Le poids frais égale au plus quatre fois le poids sec, et le rapport le plus ordinaire semble 3 environ.

Les Lichens, à ce point de vue, diffèrent beaucoup des Champignons. Chez ces derniers, le même rapport est, en effet, bien plus grand; pour le *Psalliota campestris*, ou Champignon de couche, par exemple, M. Léon Dufour (1) a trouvé ce rapport égal à 12 et même parfois à 22. Dans les végétaux supérieurs, la proportion d'eau (2) varie de même entre 10 et 20.

Si, maintenant, nous répétons avec d'autres Cryptogames,

(1) Léon Dufour: *Recherches sur le contenu en eau de deux variétés du Psalliota campestris* (Bulletin de la Société mycologique de France, 1889).

(2) Henri Jumelle: *loc. cit.*

qu'on trouve souvent à l'état sec comme les Lichens, les expériences précédentes nous constatons que :

Chez l'*Orthotrichum affine* le rapport du poids frais au poids sec égale 4,82;

Chez le *Frullania dilatata*, il est égal à 3,70.

Quelques autres Mousses ou Hépatiques nous ont donné des nombres à peu près semblables.

Ces végétaux inférieurs, qui ne renferment pas d'eau de constitution, et dont l'humidité varie avec celle du milieu, semblent donc, même dans les conditions les plus favorables, avoir pour la plupart une teneur maxima en eau bien moindre que celle qu'on observe dans la généralité des autres plantes.

Pour les Lichens, toutes les observations que nous venons de décrire se rapportent surtout aux espèces hétéromères. Il est évident que, d'autre part, les espèces homœomères gélatineuses renferment une proportion d'eau bien plus grande.

Le poids sec d'un *Collema*, par exemple, est jusqu'à trente-cinq fois moindre que son poids frais.

Il va presque sans dire, en effet, que, pour cette raison même, ces Lichens ne se trouvent pas aussi soumis que les autres aux influences extérieures de dessiccation. C'est toutefois un fait digne de remarque qu'ils peuvent, à l'occasion, perdre également, sans périr, toute l'eau qu'ils retiennent.

Nous avons laissé un *Collema* se dessécher complètement sur la Mousse où il se trouvait, puis nous l'avons de nouveau humecté.

Mis alors à respirer, à l'obscurité, il a ainsi modifié la composition de l'atmosphère :

CO^2 dégagé, pour 100 = 1,60 O absorbé, pour 100 = 2,60

Exposé ensuite au soleil, le même Lichen a décomposé l'acide carbonique et rejeté de l'oxygène :

L'acide carbonique décomposé, pour 100 = 1 L'oxygène rejeté = 1,51

Après dessiccation complète, le *Collema* est donc encore capable d'assimiler; c'est la meilleure preuve qu'il n'a pas subi d'altération. Mais nous devons ajouter que sa proportion d'eau n'est ja-

mais redevenue aussi forte qu'elle l'était avant le dessèchement.

Il n'est pas sans intérêt, enfin, surtout au point de vue qui nous préoccupe spécialement ici, de constater, en terminant, que les Algues qui entrent dans la composition des Lichens présentent, lorsqu'elles se trouvent à l'état de colonies isolées en dehors de toute association lichénique, les mêmes phénomènes que le *Collema*.

Nous avons recueilli, sur les rochers humides à la surface desquels ils se développaient, des *Trentepohlia*, des *Glæocapsa*, des *Glæocystis*, des *Stigonema*, des *Palmoglæa*, et nous les avons laissés exposés à l'air dans des verres de montre. Toutes ces Algues, normalement plus ou moins gélatineuses, se sont desséchées, et leur masse, primitivement gonflée, s'est trouvée réduite peu à peu à une sorte de croûte mince et cassante.

Après un séjour dans l'eau, elles se sont cependant de nouveau gonflées, et ont repris en partie leur premier volume.

Elles ont alors été exposées à la lumière diffuse dans de petites éprouvettes. L'air de chacune de ces éprouvettes a subi, à la fin de l'expérience, les changements suivants :

1° Dans l'éprouvette renfermant les *Trentepohlia :*

CO^2 décomposé, pour 100 = 0,41 O dégagé = 0,27

2° Dans l'éprouvette renfermant les *Glæocapsa :*

CO^2 décomposé, pour 100 = 1,54 O dégagé = 1,16

3° Dans l'éprouvette contenant un mélange de *Glæocystis*, de *Palmoglæa* et de *Stigonema :*

CO^2 décomposé, pour 100 = 1,76 O dégagé = 2,72

Toutes ces espèces, à la lumière, ont, par suite, assimilé. La dessiccation complète qu'elles avaient subie n'a exercé sur elles, comme sur le *Collema*, aucune influence mortelle.

A cet égard, soit qu'elles vivent isolées, soit qu'elles se trouvent protégées dans le Lichen par les hyphes du Champignon, les Algues, dans les deux cas, se comportent donc exactement de même.

(A suivre.)

REVUE DES TRAVAUX

SUR

LES BACTÉRIES ET LES FERMENTATIONS

PUBLIÉS PENDANT L'ANNÉE 1890

I. Les progrès des études morphologiques appliquées aux microorganismes nous font assister à une lutte pleine d'intérêt entre ceux qui trouvent des caractères propres à distinguer les espèces, et ceux qui ensuite démontrent que ces caractères n'ont pas la valeur qui leur avait été attribuée. Les beaux travaux de Cohn avaient établi parmi les bactéries des distinctions fondées sur la forme des cellules : ces distinctions n'ont pu tenir devant les nombreuses observations qui ont montré un même organisme présentant, suivant les circonstances, les diverses formes regardées comme caractéristiques.

La cellule adulte ne donnant pas de renseignements suffisants, on s'est adressé à un organe d'une importance exceptionnelle, rencontré seulement chez un certain nombre d'espèces, la spore. L'étude de cet organe permet de distinguer les espèces qui en possèdent de celles qui n'en possèdent pas, et, parmi les premières, elle pourra encore fournir des distinctions si l'on observe des différences soit dans le mode de formation, soit dans le mode de germination de la spore.

On doit à M. Ludwig Klein d'importantes recherches sur cette dernière question (1). Pour étudier les spores il laisse de côté la méthode des cultures en masse et des colorations. La spore chez les bactéries, tout comme la spore en général, est caractérisée, pour le botaniste, par la faculté de germer, et cette faculté ne peut être constatée sûrement que par l'observation directe de la germination chez l'*individu*. Tout repose donc, dans ce travail, sur l'observation ininterrompue du développement de cellules isolées.

L'auteur a étudié deux espèces, voisines du *Bacillus subtilis*, qu'il a obtenues par hasard. La première est le *Bacillus leptosporus*, n. sp. Il sème, à une heure de l'après-midi, des spores fraîches, formées de la veille, dans une large goutte pendante de liquide nutritif (extrait de viande à 1 p. 100). Cette goutte est placée dans une chambre humide sous le microscope, et

(1) Ludwig Klein : *Botanische Bacterienstudien* (Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. 6, 1889).

celui-ci est enfermé tout entier dans une étuve à 35° construite de manière à permettre l'observation. A partir de cinq heures environ les spores com-

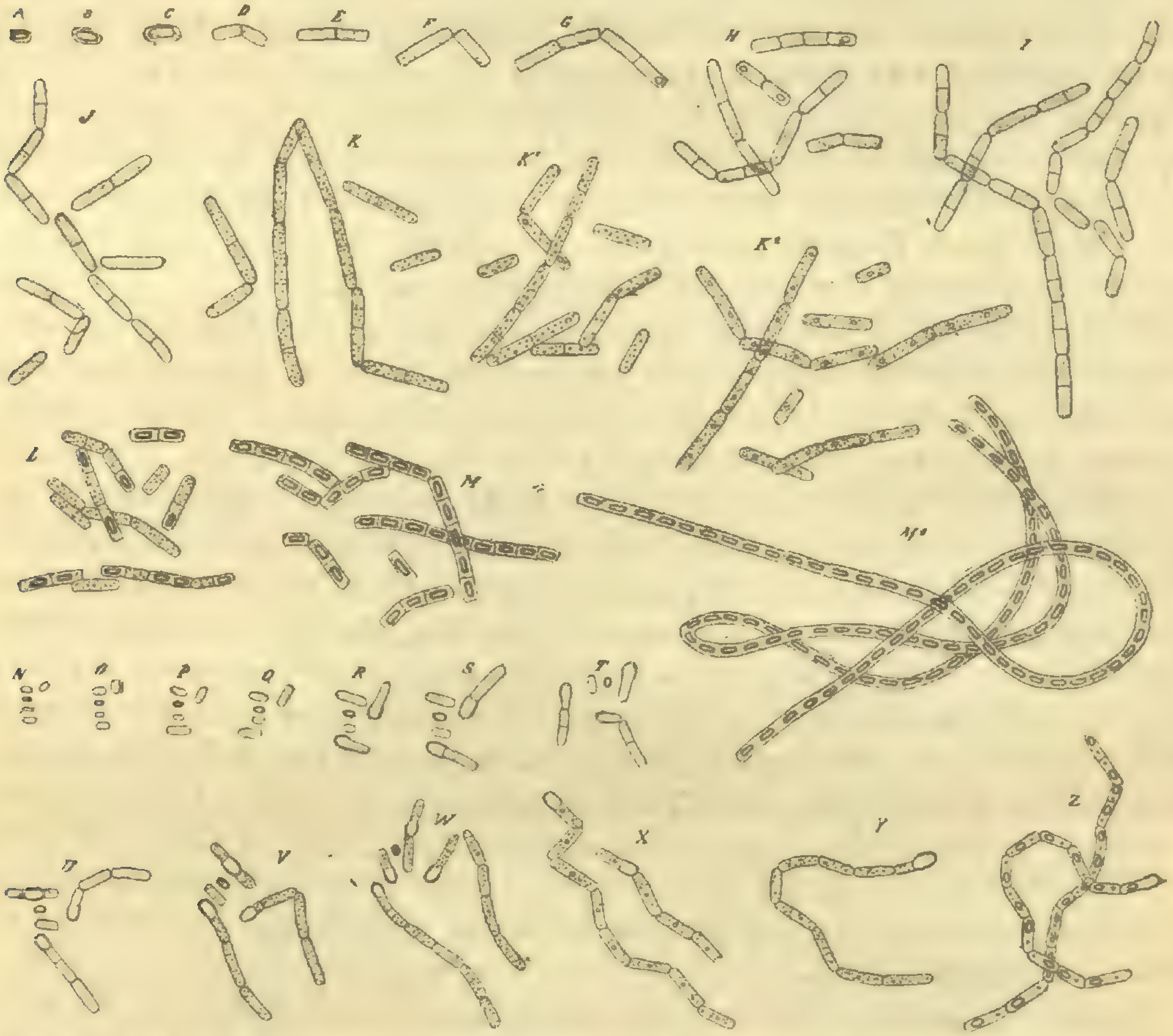


Fig. 17 à 46. — Développement des *Bacillus leptosporus* et *Bacillus sessilis*.

Bacillus leptosporus.

Heure.

Fig. A. — 1-5.
Fig. B. — 5 3/4.
Fig. C. — 6 1/2.
Fig. D. — 6 3/4.
Fig. E. — 7.
Fig. F. — 7 25.
Fig. G. — 7 50.
Fig. H. — 8 5.
Fig. I. — 8 45.
Fig. J. — 10.

} Germination et états successifs du développement.

Fig. K. — 11 1/4, soir.
Fig. K¹. — Minuit 3/4.
Fig. K². — 1 3/4 matin.
Fig. L. — 4 matin.
Fig. M. — 1 soir.

} Formation des spores.

Fig. M'. — Filaments de *Bacillus leptosporus* quelques jours après l'ensemencement.

Bacillus sessilis.

Heure.

Fig. N. — 10 matin.
Fig. O. — 11 —
Fig. P. — Midi.
Fig. Q. — 1 soir.
Fig. R. — 2 —
Fig. S. — 3 —
Fig. T. — 4 —
Fig. U. — 5 —
Fig. V. — 6 —
Fig. W. — 7 —
Fig. X. — 7 1/2.

} Germination et états successifs du développement.

Fig. Y. — 9 soir jusqu'à 1 matin.
Fig. Z. — 11 matin.

(d'après L. Klein).

mencent à se modifier. Elles augmentent de volume et pâlissent. Les figures de A à J (1) montrent les divers aspects observés pendant la germination de quart d'heure en quart d'heure. A partir de sept heures cinquante

(1) Dans toutes les figures, le grossissement est d'environ 750.

(fig. G) les bacilles commencent à être animés d'un mouvement propre. Ce mouvement s'accélère, puis commence à se ralentir vers onze heures et s'arrête entièrement vers minuit trois quarts. Les figures de K à M montrent la formation des spores, laquelle s'accomplit entre onze heures un quart du soir et une heure de l'après-midi du lendemain. On voit dans la figure M que le protoplasma des cellules est entièrement employé à la formation des spores. La figure M' montre de longs filaments du même bacille, qui se sont développés à la température de la chambre (13-20°), pris quelques jours après l'ensemencement par des spores. On remarquera la durée extraordinairement courte du cycle de développement.

La seconde espèce, *B. sessilis*, n. sp., a été étudiée de la même manière. Les figures ci-contre montrent la suite du développement de cinq spores. L'observation part de dix heures du matin. La germination a été irrégulière, comme le montrent les figures de N à U. L'une des spores n'a pas encore germé à sept heures du soir; à six heures du soir (fig. V), des granulations commencent à apparaître dans les filaments; elles sont assez nettes à sept heures. A neuf heures (fig. Y), on reconnaît dans chaque cellule un gros grain fortement réfringent, la jeune spore. Jusqu'à une heure du matin, aucun changement remarquable. Le lendemain, à onze heures du matin, il y a dans la plupart des cellules des spores mûres; dans quelques-unes les spores ne sont pas arrivées à maturité ; dans presque toutes le protoplasma n'a pas été dépensé tout entier pour la formation des spores; mais il reste de petits grains isolés. Température d'observation, de 33 à 35°.

Ces faits constituent des données très importantes au point de vue des analogies et des différences que présentent les organismes étudiés avec les autres espèces connues.

La germination des spores de *B. sessilis* rappelle beaucoup celle du *Bacillus* (*Clostridium*) *butyricus*, telle qu'elle a été décrite par Prazmowski (1). Il y a pourtant une différence : d'après Prazmowski, chez le *B. butyricus* le tube germinatif s'échappe entièrement de la membrane de la spore par une ouverture qui se pratique en un pôle, et entraîne encore un peu dans ses mouvements la membrane vide qui n'y adhère plus que par l'auréole gélatineuse, la membrane ne se contractant pas après l'accomplissement de la germination. Chez le *B. sessilis*, il semble d'abord en être de même, à l'exception du mouvement, qui fait défaut. On remarque cependant qu'après la germination la spore conserve un pouvoir réfringent intermédiaire entre celui de la spore non germée et celui du filament végétatif, fait qui laisse supposer que la membrane ne s'est pas entièrement vidée; et en effet, en continuant à observer les individus, on voit bientôt sortir de la même spore un second filament qui pousse devant lui le premier sorti (fig. S, T).

Les deux bacilles décrits dans ce travail se distinguent de tous les autres connus par des caractères propres dans la germination des spores; mais ils appartiennent, comme le *B. subtilis*, à un groupe naturel dans lequel la formation des spores a lieu d'après un même type. Soit que le contenu de la

(1) Prazmowski : *Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte und Fermentwirkung einiger Bakterienarten* (Leipzig, 1880, p. 29, Taf. II, fig. 4).

cellule ait ou n'ait pas commencé par devenir granuleux, la spore apparaît tout d'abord comme une tache non nettement circonscrite, d'un gris mat ou foncé, qui s'accroît un peu, puis bientôt acquiert une forte réfringence, et ensuite atteint sa grandeur définitive aux dépens du protoplasma de la cellule comme un parasite.

Au groupe de bactéries chez lesquelles la sporulation est conforme à ce type appartiennent la plupart des bactéries, peu nombreuses d'ailleurs, qui ont été étudiées avec exactitude : *Bacillus subtilis*, *anthracis*, *Brassicæ*, *carotarum*, *tumescens*, *inflatus*, *ventriculus* et *alvei*, ainsi que les deux précédents (Voir A. Koch, *Ueber Morphologie und Entwickelungsgeschichte einiger endosporer Bakterienformen*, Göttinger Habilitationssch., 1888, p. 10).

Les différences secondaires qui restent à rechercher dans ce groupe sont les suivantes : tantôt la sporulation est accompagnée de la transformation granuleuse du protoplasma (*B. anthracis*, *Brassicæ*, *Megaterium*, *leptosporus*, *sessilis* et *tumescens*), tantôt elle ne l'est pas (*B. carotarum*, *inflatus* et *ventriculus*). Tantôt l'ensemble du protoplasma est employé à la formation des spores (*B. alvei*, *anthracis*, *carotarum*, *leptosporus*, *subtilis*, *tumescens*), tantôt il reste une partie du protoplasma, soit sous la forme de granules (*B. Brassicæ* [rarement], *Megaterium* et *sessilis*), soit sous la forme d'une masse presque homogène, légèrement granuleuse (*B. inflatus* et *ventriculus*). Enfin on trouve encore des différences suivant que la spore se forme au bout ou au milieu des cellules, qu'il s'en forme une seule ou (exceptionnellement) deux par cellule.

Mais ce type n'est pas le seul. L'auteur (1) en a découvert un second dans des espèces qu'il groupe sous le nom de *Limnobactéries* (Sumpfbacterien) (fig. 47 à 52). Ce sont des bacilles. D'ordinaire les articles se renflent légèrement à l'endroit où doit se former la spore (laquelle est toujours terminale). Puis la première manifestation de la spore consiste en ce que le protoplasma de cette partie renflée, qui reste toujours en communication ouverte avec le reste du filament (fig. D), prend une très légère teinte verdâtre. Bientôt le contenu total de la partie renflée se contracte, en se séparant de la membrane cellulaire, et acquérant une réfringence de plus en plus grande ; il continue à se contracter de plus en plus jusqu'à prendre la forme définitive d'une endospore ovale ou réniforme, qui n'acquiert que plus tard son vif éclat et la teinte vert bleuâtre prononcée.

A aucun moment du développement on ne remarque l'apparition de granulations ou d'un trouble du protoplasma ; celui-ci demeure toujours complètement hyalin. Une portion importante du protoplasma de la cellule subsiste dans le filament, répartie uniformément.

L'auteur croit provisoirement avoir trouvé dans ces « limnobactéries endospores » les formes intermédiaires qui permettent d'assimiler les endospores des bactéries aux kystes des flagellées.

Les travaux de M. Ludwig Klein laissent le lecteur pénétré de l'impor-

(1) Ludwig Klein : *Botanische Bakterienstudien. Ueber einen neuem Typus der Sporenbildung bei den endosporen Bacterien* (Deut. botan. Gesell., 1889, Bd. VII).

tance des spores pour la détermination des espèces, et en effet, quand les spores existent, leurs manières de se former et de germer sont incontestablement des caractères de premier ordre. Mais l'existence même des spores est liée à une fonction physiologique qui n'est pas essentielle à l'espèce, car on peut dans certains cas l'abolir d'une manière permanente et héréditaire.

La suppression définitive de la fonction sporogène a été signalée, dès 1883, pour le *Bacillus anthracis*, par MM. Chamberland et Roux (*Comptes rendus Acad. des Sc.*). M. Roux (1) expose maintenant une technique au moyen de laquelle il est facile d'obtenir à coup sûr des filaments de ce bacille hérédi-

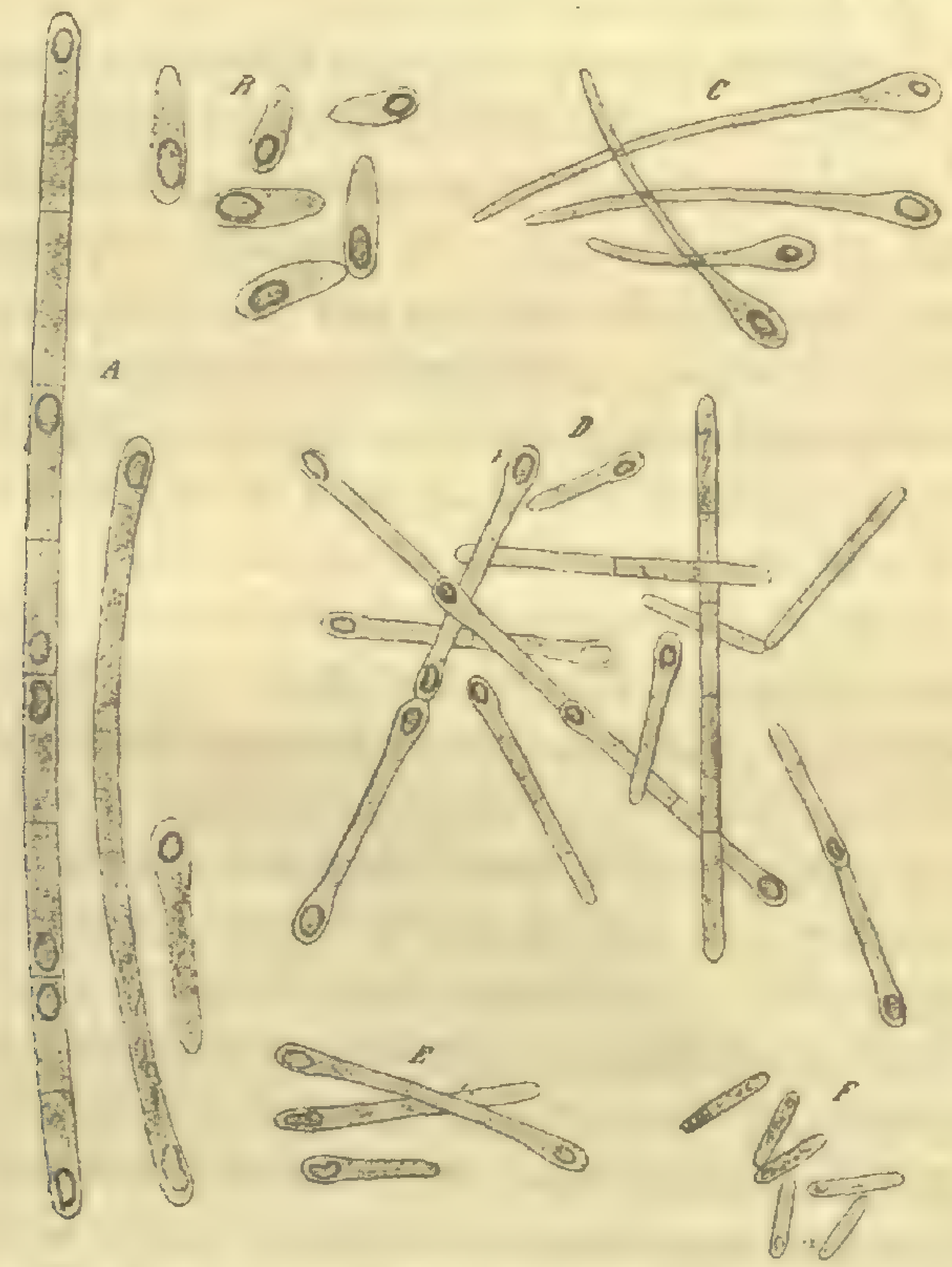


Fig. 47 à 52. — A, *Bacillus de Baryanus;* B, *Bacillus macrosporus;* C, *Bacillus Peroniella;* D, E, *Bacillus Solmsii;* F, *Bacillus limosus* (D'après L. Klein). (Grossissement environ 650.)

tairement inaptes à produire des spores. Le procédé repose sur l'emploi d'une dose convenable d'antiseptique. Des tubes à essai contenant du bouillon de veau légèrement alcalin reçoivent des proportions d'acide phénique progressivement croissantes de $\frac{2}{10.000}$ à $\frac{20}{10.000}$. Après stérilisation ces tubes sont ensemencés avec une gouttelette du sang d'un animal qui vient de succomber au charbon, puis maintenus à 30-33°. Les bactéridies se développent dans la plupart des tubes. Dans ceux qui ont reçu les plus fortes doses d'antiseptique, il n'y a pas développement; dans ceux qui en ont reçu les plus faibles doses, il y a développement et production de spores; dans les tubes intermédiaires, il y a développement, mais non production de spores.

(1) E. Roux ... charbonneuse asporogène (Ann. Inst. Pasteur, 1890, p. 25).

L'absence de spores ne se reconnaît pas par une simple observation microscopique avec ou sans coloration préalable : ce procédé serait infidèle. On la reconnaît sûrement en prélevant une portion de chaque culture et la maintenant pendant quinze minutes à 65°, température mortelle pour les filaments, mais supportable pour les spores, puis la semant dans du bouillon de veau ordinaire.

La proportion d'antiseptique nécessaire ne peut pas être fixée une fois pour toutes : elle varie avec la composition du bouillon, l'origine de la bactéridie, la facilité de l'accès de l'air dans la culture ; de là l'emploi d'une série de tubes. Il faut prolonger le séjour dans ce milieu antiseptique pendant un temps suffisant, une dizaine de jours.

La bactéridie ainsi traitée n'a pas perdu sa virulence. Si on la fait passer à travers un grand nombre de cobayes et de lapins en inoculant le sang d'un animal qui vient de mourir à un animal sain, elle ne reprend pas son aptitude à former des spores dans les cultures, bien que sa virulence ait augmenté. Les procédés les plus propres à provoquer la sporulation, culture en couche mince à l'air, culture dans l'humeur aqueuse de l'œil fraîche et aérée, sont impuissants à lui restituer cette faculté. Celle-ci est donc abolie définitivement et l'espèce qui en est privée subsiste avec ses autres propriétés. Cette espèce ne saurait donc être caractérisée par ses spores.

Les levures aussi sont aptes à produire des endospores. Mais chez elles aussi cette aptitude peut être supprimée. M. Hansen (1) prend pour point de départ une cellule de Saccharomyces appartenant à une espèce qui produit rapidement des spores dans les conditions favorables ; les cellules qui en sont issues sont cultivées longtemps dans du moût de bière aéré à une température comprise entre celle qui ne permet plus la formation des spores et celle qui ne permet plus le bourgeonnement. Ces cellules, après avoir, dans de nouvelles cultures en moût de bière faites à des températures favorables, produit des générations sans nombre de cellules végétatives vigoureuses, aptes à provoquer une vive fermentation alcoolique, ne pouvaient plus produire de spores, et cette propriété négative s'est conservée de génération en génération.

La composition chimique du liquide nourricier joue un rôle important, à côté de l'élévation de température et de l'aération.

L'auteur a cherché si l'abolition de la faculté sporogène n'entraînerait pas des modifications physiologiques susceptibles de présenter un intérêt pratique. Il a fait de la bière comparativement avec une levure basse de brasserie, et avec deux variétés, A et B, obtenues à partir de cette même levure par le traitement précédent, A ayant été traitée moins longtemps que B. La fermentation principale terminée, il fut constaté que les deux variétés avaient produit moins d'alcool que la levure primitive. La variété A donnait une meilleure clarification que B et que la levure primitive. Par contre la bière faite avec A se conservait moins longtemps en bouteille sans donner un petit dépôt de levure.

(1) Dr E.-Ch. Hansen : *Production de variétés chez les Saccharomyces* (Ann. de micrographie, II, n° 5, 1890).

De plus, tandis que la levure primitive formait voile à la surface des cultures en moins d'un mois, les variétés n'en formaient pas trace en plus de quatre mois, ce qui montre que les deux fonctions de la formation des spores et de celles des voiles sont dans une certaine dépendance l'une à l'égard de l'autre.

On voit par ces expériences que des caractères morphologiques importants peuvent être modifiés d'une manière durable aussi bien chez les levures que chez les bactéries.

II. Arrivons aux travaux relatifs à la physiologie des microorganismes.

La fonction chromogène appartient à un assez grand nombre de bactéries; les variations que présente cette fonction suivant certaines influences, ont donné lieu à d'intéressantes études. Nous avons déjà signalé dans cette Revue (tome I, 1889, page 660) les procédés donnés par M. Wasserzug pour obtenir à volonté le *Micrococcus prodigiosus* en cellules rouges ou en cellules incolores. Une autre bactérie rouge, trouvée dans les eaux de la ville de Kiel par M. J. Breunig, a été étudiée par M. Laurent (1). C'est un bacille qui, au point de vue de la fonction chromogène, ressemble beaucoup au *Micrococcus prodigiosus*, mais s'en écarte beaucoup par la forme. Sur le même milieu, sur Pomme de terre, dans les mêmes conditions, le *M. prodigiosus* est légèrement ovoïde et a environ 1 μ dans son plus grand diamètre, tandis que le bacille rouge est en longs filaments, de 2,5 à 5 μ de long sur 0,7 à 0,8 μ d'épaisseur. L'auteur a étudié l'influence de divers agents sur la fonction chromogène chez ce bacille.

Influence de la température et de l'oxygène. — La température de végétation est comprise entre 10° et 42°. L'optimum est de 30 à 35°. A partir de 36° le bacille souffre et donne des colonies incolores, qui redeviennent colorées lorsqu'on abaisse la température.

Sans être doué d'une aptitude anaérobie très accusée, ce bacille peut cependant vivre sans air. Il se développe dans le vide, mais n'y est jamais coloré, de même que les autres bactéries chromogènes.

La privation d'oxygène paraît exercer une certaine influence sur la race. Une tranche de Pomme de terre, contenue dans un tube à essai, est ensemencée avec une colonie rouge, puis l'air du tube est remplacé par de l'acide carbonique, et le tube maintenu à 30°. Comme l'air enfermé dans les parties profondes de la Pomme de terre n'a pu être entièrement éliminé, il pousse quelques colonies rouges; mais celles-ci achèvent de supprimer l'oxygène et bientôt la croissance s'arrête. On fait rentrer de l'air à la place de l'acide carbonique : la croissance reprend, mais la nouvelle végétation, très vigoureuse, est incolore; ces colonies, semées sur tranches de Pomme de terre à l'air à 30°, ont donné des cultures incolores pendant deux générations. A 15 — 20° le retour de la coloration fut immédiat.

Influence de la réaction du milieu. — Cette influence est complexe : 1° l'acidité constitue un obstacle à la végétation : un milieu minéral, qui, neutre, serait très favorable à la végétation, y devient entièrement impropre si on

(1) E. Laurent : *Étude sur la variabilité du bacille rouge de Kiel* (Ann. Inst. Pasteur, 1890, p. 465).

l'additionne de $\frac{1}{1000}$ d'acide tartrique. 2° Même quand l'acidité n'est pas assez forte pour arrêter le développement, elle nuit à la formation du pigment. Comme le bacille produit lui-même un acide aux dépens de certains aliments hydrocarbonés, il peut arriver, si la culture est très vigoureuse, que cet acide produit pendant la végétation empêche le pigment de prendre naissance. C'est ce qui arrive pour les cultures faites à la température optimum dans le lait ou dans un mélange minéral additionné de sucres divers ou de glycérine. Il suffit de retarder le développement, et par suite la production d'acide, en abaissant la température, ou mieux d'empêcher la liqueur de prendre une acidité indéfiniment croissante en y ajoutant du carbonate de chaux, pour faire apparaître la coloration. 3° Les acides, à petite dose, avivent la coloration rouge du pigment tout formé. En sorte que si une culture a été commencée en milieu légèrement alcalin et sucré, l'acidification ultérieure de la liqueur, produite par la végétation, ne fait qu'augmenter l'intensité de la coloration rouge qui s'est développée au début. 4° Une acidité qui n'est pas tolérée par le bacille sortant d'une culture en milieu neutre peut l'être par adaptation progressive. Du bouillon additionné de $\frac{1}{1000}$ d'acide tartrique, ensemencé avec un bacille sortant d'une culture sur Pomme de terre, ne permet qu'un développement presque nul et reste incolore. Au contraire si l'on débute par des cultures dans du bouillon additionné de $\frac{1}{10,000}$ d'acide, et qu'on fasse ensuite passer le bacille successivement dans des bouillons à $\frac{1}{5000}$, à $\frac{1}{2500}$, et même à $\frac{1}{1000}$ du même acide, la végétation se fait bien et le bouillon devient vivement coloré.

Influence de l'acide carbonique. — L'acide carbonique n'agit pas seulement en privant le bacille d'oxygène. Il exerce une action chimique spéciale sur le pigment : il en fait passer la couleur du rouge carmin au rouge violacé. Comme le bacille lui-même produit de l'acide carbonique, il peut arriver que, dans les conditions les plus favorables à la végétation, ce gaz devienne assez abondant pour faire prendre au milieu la coloration rouge violacé, tandis que ce même milieu, dans des conditions moins favorables, se colorerait en rouge carmin. On peut ainsi produire à volonté des changements de teinte dans une culture sur milieu solide, en passant simplement de la température optima à une température inférieure *et vice versa*, alternances qui ont pour effet de ralentir et d'accélérer la respiration.

Influence de la lumière. — Une insolation de quelques heures fait perdre au bacille son pouvoir chromogène. Les colonies insolées, semées sur Pomme de terre, donnent des colonies incolores et aussi des colonies plus ou moins roses. Si l'insolation a été faible (en octobre), les colonies blanches ont une tendance très marquée à revenir, dans les cultures successives, au type primitif, mais si elle a été forte (soleil de juillet), les colonies blanches restent blanches dans les cultures successives sur Pomme de terre à 25-35°. Il s'est ainsi formé une race parfaitement stable.

Cette race ne reprend pas la fonction chromogène par cultures en bouillons d'acidité croissante comme dans les expériences de Hueppe sur le bacille du lait bleu, ou de M. Wasserzug sur le *Micrococcus prodigiosus*. Mais on peut lui restituer la fonction chromogène en la cultivant sur tranches de Pomme de terre à une température comprise entre 10 et 25°, tandis qu'en milieu liquide le bacille reste incolore quelle que soit la température à laquelle on le cultive.

Cette restitution de la fonction chromogène n'est pas un retour de la race au type primitif, car des cellules de cette race, nées sur Pomme de terre entre 18 et 20°, et par conséquent rouges, ne donnent que des colonies incolores si on les sème sur Pomme de terre à 30°. C'est là une propriété caractéristique de la nouvelle race : ses cellules, cultivées sur Pomme de terre, sont rouges si elles naissent au-dessous de 25°, incolores si elles naissent au-dessus de 25°.

Ce travail nous apporte de précieuses données sur le champ des variations physiologiques des microbes.

Une autre bactérie chromogène, le bacille pyocyanique, a fourni à M. Gessard (1) des résultats remarquables. Ce bacille, cultivé dans le bouillon de bœuf ou de veau, produit une coloration bleu vert, avec un certain degré de fluorescence. L'agitation de cette culture avec le chloroforme laisse deux couches liquides différemment colorées : au fond, la couche de chloroforme contient en dissolution une matière bleue cristallisable, la pyocyanine; tandis que la couche aqueuse surnageante présente une teinte verte fluorescente. Il y a donc deux pigments distincts. L'auteur a réussi à faire produire au même bacille l'un ou l'autre à volonté, à l'état isolé, en variant le milieu de culture : dans l'albumine de l'œuf il ne se produit pas de pyocyanine, mais il se développe une belle fluorescence verte qui passe au brun feuille morte avec le temps ; dans l'albumine préalablement peptonisée, ou dans une solution de peptone du commerce, il ne se produit pas de fluorescence verte, mais seulement de la pyocyanine.

On peut encore faire produire au même organisme un troisième pigment, car si on le cultive dans de la gélatine au dixième, on obtient de la pyocyanine mélangée d'un autre pigment jaune verdâtre, devenant rouge par oxydation ; ce dernier pigment est produit à l'état isolé si l'on additionne la gélatine de 1 p. 100 de glucose.

Ainsi un même microbe peut produire diverses matières colorantes suivant le milieu de culture.

D'autre part une même matière colorante peut être produite par plusieurs microbes différents : M. Gessard cite deux bacilles, *B. fluorescens liquefaciens*, *B. fluorescens putridus*, qui, en milieux albumineux, produisent le même pigment fluorescent que le bacille pyocyanique.

Il faut conclure de là que les microorganismes ne peuvent pas être caractérisés par les pigments qu'ils produisent.

(1) C. Gessard : *Sur les fonctions chromogènes du bacille pyocyanique* (Comptes rendus Ac. des Sc., CX, 418).

La sécrétion des diastases chez les microorganismes est une importante fonction sur laquelle M. Fernbach nous fournit chaque année les plus utiles renseignements. Le travail de ce savant que nous avons analysé l'an dernier était plutôt une étude chimique d'une sucrase, abstraction faite de l'organisme qui la sécrète. Maintenant il utilise les résultats antérieurs pour aborder la question physiologique de la production même des diastases dans ses rapports avec la vie des microorganismes sécréteurs (1).

Il définit d'abord l'unité qui servira pour la mesure de la sucrase produite : l'unité adoptée est une quantité de sucrase capable d'intervertir 0gr,20 de saccharose en une heure à la température de 56°, en présence de la dose d'acide acétique qui favorise le plus l'interversion.

La méthode de dosage fixée, il arrive à l'étude de la sucrase sécrétée par l'*Aspergillus niger*. La sécrétion totale se compose de deux parties : l'une est abandonnée par la plante dans le liquide de culture, l'autre se trouve à l'intérieur des cellules.

Pour étudier la sucrase qui se trouve dans le liquide de culture, il cultive la plante de la manière la plus favorable à la végétation, c'est-à-dire sur du liquide Raulin non stérilisé, en cuvettes plates exposées à l'air libre. Toutes les vingt-quatre heures le liquide d'une cuvette est analysé et le poids de la plante, ainsi que celui de ses cendres, est déterminé. Les résultats obtenus sont les suivants : d'abord la dose de saccharose va en diminuant ; la dose de sucre interverti diminue aussi; la quantité de sucre consommé croît ; au bout de quatre jours tout le sucre a disparu. Pendant ces quatre jours le poids de la plante croît; ensuite il décroît. Le poids des cendres croît aussi pendant ces quatre jours, et reste ensuite à peu près stationnaire. La sucrase ne commence à apparaître dans le liquide en quantité notable qu'au bout de trois jours, quand déjà plus des deux tiers du sucre ont été consommés; puis la quantité de sucrase augmente de plus en plus à partir de la disparition totale du sucre. Au bout de huit jours, elle est devenue environ six fois ce qu'elle était le troisième jour.

Pour être sûr que les résultats ne sont pas entachés d'erreurs dues à l'invasion d'organismes étrangers, l'auteur répète l'expérience avec des cultures pures faites dans des fioles, sur du liquide Raulin stérilisé à froid, par filtration à la bougie Chamberland. La marche du phénomène est la même. . . . .

Il est à remarquer qu'à partir du moment où la sucrase devient abondante dans le liquide, le poids du végétal va en décroissant, celui de ses cendres restant constant. Il faut donc qu'il y ait consommation de réserves nutritives, ce qui se manifeste d'ailleurs directement à l'examen macroscopique et microscopique. Le mycélium, d'abord très anfractueux à sa surface intérieure, d'une dureté et d'une ténacité remarquables, se ramollit à mesure que la quantité de sucrase augmente dans le liquide, s'aplanit peu à peu, devient visqueux à sa face inférieure, résiste de moins en moins à la rupture, et finit par se laisser disloquer au moindre effort. Au microscope,

(1) A. Fernabch : *Sur le dosage de la sucrase* (3e mémoire). *Formation de sucrase chez l'Aspergillus niger* (Ann. Inst. Pasteur, 1890, p. 1).

à l'origine, le mycélium présente un grand nombre de points colorables en rouge brun par l'iodure de potassium iodé (réaction regardée comme caractéristique de la présence du glycogène). Quand la quantité de sucrase augmente dans le liquide, cette réaction microchimique devient moins nette; l'iode ne produit bientôt plus qu'une coloration jaune uniforme; les filaments mycéliens semblent vides et flétris.

La consommation de réserves nutritives ainsi constatée coïncide avec la disparition du sucre, aliment principal de la plante. Elle coïncide aussi avec l'apparition des spores. Inanition, fructification : auquel de ces deux phénomènes faut-il attribuer l'influence qui détermine l'apparition de la sucrase?

On prend deux cultures identiques, âgées de quarante-huit heures, période à laquelle la sucrase n'est présente dans le liquide qu'à une dose très faible. On décante le liquide, on lave la plante à l'eau distillée, et l'on fait passer au-dessous de l'une des cultures de l'eau pure, au-dessous de l'autre de l'eau sucrée. Au bout de trente-six ou quarante-huit heures, on trouve dans l'eau pure une quantité de sucrase notable, dans l'eau sucrée une quantité insignifiante. C'est certainement l'inanition qui dans cette expérience a causé l'apparition de la sucrase.

Mais l'auteur montre que, le phénomène de la fructification étant éliminé, un état de souffrance autre que l'inanition peut faire apparaître la sucrase dans le liquide. Quatre cultures, identiques d'ailleurs, sont soumises, la première à l'inanition avec immersion de la plante, la seconde à l'inanition avec privation d'oxygène, la troisième à l'immersion sans inanition, la quatrième à la privation d'oxygène sans inanition. Dans aucune de ces cultures il n'y a eu fructification ; les quatre liquides, à la fin de l'expérience, contiennent une dose notable, et presque identique, de sucrase.

M. Fernbach étudie ensuite la sucrase contenue à l'intérieur des cellules. Pour en effectuer le dosage, il broie la plante, préalablement lavée, avec une petite quantité d'eau et de sable. Une fois la presque totalité des cellules déchirées (ce que révèle l'examen microscopique), on épuise le mélange par l'eau additionnée d'une trace d'essence de moutarde, et c'est dans le liquide ainsi obtenu qu'on dose la sucrase.

En étudiant de cette manière la production de la sucrase aux diverses périodes du développement, on constate qu'au début, alors que le liquide ne contient qu'une trace de sucrase, l'intérieur des cellules en contient la quantité maximum. Ensuite, pendant que la dose de sucrase extérieure croît, celle de la sucrase intérieure décroît ; la somme de ces deux doses n'atteint pas la dose initiale de la sucrase intérieure, et varie peu.

Ces remarquables résultats montrent que les produits trouvés dans le liquide de culture d'un organisme peuvent ne donner qu'une idée très éloignée de ce qui se passe dans la cellule. C'est dans la cellule que la matière alimentaire devient assimilable ; c'est là que sont localisées les diastases destinées à opérer cette transformation. Elles se diffusent au dehors de plus en plus à mesure que, par suite d'un état de souffrance de la cellule, les réserves nutritives disparaissent.

M. Fernbach a fait une étude semblable sur la sucrase sécrétée par la levure (1).

Cette sucrase n'a pas exactement les mêmes propriétés que celle de l'*Aspergillus niger*. Cette dernière est presque entièrement retenue par les filtres en porcelaine ; au contraire, les sucrases des levures essayées passent presque intégralement à travers ces filtres.

L'acidité exerce sur ces sucrases une influence de même sens que sur celles de l'Aspergillus, mais pour obtenir les mêmes effets, il faut des doses d'acide de vingt à cinquante fois plus faibles selon l'espèce de levure.

L'auteur a cherché, pour plusieurs espèces, comment varie la production de sucrase avec les diverses conditions qui influent sur ce phénomène. Ici encore la quantité totale de sucrase produite se compose de deux parties qui ne peuvent être dosées que séparément: la sucrase du liquide et celle des cellules. Cette dernière n'a pu être extraite par le même procédé que pour l'*Aspergillus* : les cellules ne se laissent pas rompre par le broyage avec du sable. C'est par épuisement avec de l'eau stérilisée, dans les conditions de pureté absolue, qu'on a pu obtenir une extraction complète. Au cours de cette opération on remarque un fait intéressant : pendant que la levure est maintenue en macération dans l'eau, la réaction du glycogène, très marquée au début, va en diminuant d'intensité à mesure que la sucrase est éliminée, et devient nulle quand il n'y a plus de sucrase. A ce moment les cellules apparaissent au microscope comme des sacs vides très peu réfringents. La plupart de ces cellules sont mortes; car elles ne sont pas rajeunissables par ensemencement.

Influence de la vie aérobie ou anaérobie. — Le milieu choisi pour ces expériences était le moût de bière houblonné; le sucre qu'il contient (maltose), n'est nullement modifié par la sucrase de la levure. On a fait comparativement des cultures en profondeur (vie anaérobie) et des cultures en surface avec courant d'air (vie aérobie). La levure employée était d'abord une levure commerciale, celle de Tantonville. On a constaté que la quantité totale de sucrase est de beaucoup diminuée dans les conditions de vie aérobie : une partie de la sucrase formée est évidemment détruite par oxydation, en sorte que la mesure véritable de la sécrétion est impossible dans ces conditions. Ce fait suggère une interprétation plausible des résultats trouvés ci-dessus chez l'*Aspergillus niger*. La production d'une dose maxima de sucrase constatée au début de la végétation absolument aérobie de cette moisissure peut n'être qu'une apparence, la diminution observée dans la suite n'étant due qu'à une destruction incomplètement compensée par une formation nouvelle.

Avec la levure de Tantonville vivant sans air, la quantité totale de sucrase croît pendant plusieurs jours jusqu'à un maximum, puis décroît.

La levure de pale ale et le *Saccharomyces pastorianus* ont fourni des résultats assez différents. Avec le *S. pastorianus* la quantité de sucrase totale a atteint son maximum dès le second jour, comme pour l'*Aspergillus*.

(1) A. Fernbach : *Sur l'invertine ou sucrase de la levure* (An. Inst. Pasteur, 1890, p. 641).

Influence du milieu liquide. — La nature du sucre fourni comme aliment à la levure ne paraît pas exercer d'influence notable. Au contraire la nature de l'aliment azoté influe beaucoup. L'eau de touraillons sucrée ne permet qu'une faible production de sucrase. L'eau de levure, employée à la place de l'eau de touraillons, en quantité telle que la proportion d'azote qu'elle apporte soit la même, permet d'obtenir une quantité de sucrase beaucoup plus élevée, et on en obtient encore davantage avec de l'eau de touraillons additionnée de peptone.

L'addition de phosphate d'ammoniaque à l'eau de levure augmente la production de levure, diminue celle de la sucrase.

L'eau de levure préparée avec la levure de Tantonville permet à cette même levure de produire beaucoup de sucrase, tandis qu'elle n'en laisse produire que très peu, dans les mêmes conditions, au *S. pastorianus* et à la levure de pale ale.

En somme la production de sucrase chez les levures est un phénomène sujet à de grandes variations suivant les conditions de nutrition. Aussi ne doit-on pas considérer comme absolue la distinction entre les levures inversives et les non-inversives, puisqu'une même levure, suivant qu'elle est cultivée dans un milieu azoté ou un autre, peut sécréter une grande ou une minime quantité de sucrase.

(*A suivre.*) LÉON BOUTROUX.

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Suite*).

5° *Faisceaux libéro-ligneux.*

En Anatomie végétale l'unité adoptée pour le système vasculaire est le faisceau; mais on l'interprète de bien des manières différentes. Le système vasculaire de la racine, en particulier, a donné lieu à de nombreuses divergences d'interprétation. Pour la plupart des anatomistes, en effet, ce système est formé par un nombre variable de faisceaux libériens et de faisceaux ligneux alternes, mais pour certains, c'est un faisceau polyarche, pour d'autres un faisceau multipolaire, etc. M. P.-A. DANGEARD (1) conclut de ses observations et de diverses considérations théoriques que le système vasculaire de la racine n'est ni un faisceau multipolaire ni un faisceau polyarche, mais un ensemble de faisceaux.

On sait que chez certaines plantes, les faisceaux foliaires, au lieu de passer directement du cylindre central de la tige dans les feuilles, peuvent cheminer dans l'écorce sur une longueur de plusieurs entre-nœuds. Cette particularité, qui a été signalée dans diverses familles (Buxacées, Mélastomacées, Calycanthées, Légumineuses de la tribu des Viciées, etc.), par MM. Weiss, Van Tieghem, Hérail, etc., se retrouve, d'après M. W. RUSSELL (2), dans une autre tribu des Légumineuses, celle des Génistées, et en particulier dans plusieurs espèces du genre *Genista.*

6° *Bois.*

Chez les Dicotylédones et les Gymnospermes, le bois d'automne est considéré comme étant toujours formé d'éléments anatomiques à parois plus épaisses que dans le bois de printemps. M. L. KNY (3) a constaté que ce caractère est loin de présenter la généralité que lui attribuent les auteurs. Chez divers *Salix*, chez le *Carya amara*, le *Pavia lutea* et surtout le *Pterocarya*

(1) P. A. Dangeard : *Sur l'équivalence des faisceaux dans les plantes vasculaires* (Comptes rendus, t. CXII, n° 21, p. 1228, 1891).

(2) W. Russell : *Sur les faisceaux corticaux de quelques Genista* (Bulletin de la Soc. botan. de France, t. XXXVII, fasc. 3, p. 133-135, 1890).

(3) L. Kny : *Ueber eine Abnormität in der Abgrenzung der Jahresringe* (Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, 1890).

fraxinifolia parmi les Dicotylédones, dans des rameaux latéraux de *Gingko biloba*, *Juniperus communis*, *J. occidentalis*, *Taxodium distichum*, *Thuja occidentalis*, parmi les Gymnospermes, il a observé, tantôt dans tout le bois, tantôt seulement dans certaines couches, parfois même dans une portion de couche, des faits absolument inverses, c'est-à-dire que les éléments ligneux formés au printemps avaient des parois plus épaisses que les éléments voisins formés en automne, soit l'année précédente, soit la même année. Ces particularités étudiées de près jetteront peut-être un jour nouveau sur la question de l'hétérogénéité de structure des couches annuelles du bois.

Les rayons médullaires sont considérés comme étant constitués typiquement par des cellules allongées dans le sens radial et à parois tangentielles richement ponctuées ; les rares exceptions au schéma classique que l'on a observées jusqu'ici sont relatives à des variations dans la direction du grand axe de leurs cellules. Il résulte des observations de M. L. Kny (1), en particulier sur les rayons médullaires du *Salix fragilis*, que la structure des rayons médullaires est en général plus compliquée qu'on ne l'a cru jusqu'ici. Les rayons médullaires du *Salix fragilis* sont constitués par deux sortes d'éléments : les *cellules de mérenchyme* à grand axe dirigé dans le sens radial, et les *cellules en palissade* à grand axe plus ou moins allongé dans le sens longitudinal. Les premières ont leurs parois un peu plus épaisses que les secondes ; leurs parois tangentielles sont fortement ponctuées ; les ponctuations sont rares et petites sur les autres faces et manquent même complètement sur celles qui sont en contact avec des vaisseaux ; enfin ces cellules laissent entre elles de petits méats. Les cellules en palissade présentent sur toutes leurs faces de nombreuses ponctuations dont la forme et les dimensions varient d'ailleurs avec la nature des éléments anatomiques avec lesquels elles sont en contact. Entre les cellules on n'observe pas de méats. La proportion relative de ces deux sortes d'éléments varie avec les espèces et dans le même corps ligneux avec la région considérée ; elle varie en outre suivant que les rayons médullaires sont formés d'une ou plusieurs couches de cellules. D'après l'auteur, les cellules en palissade sont sans doute intermédiaires quant à leurs fonctions entre les cellules de parenchyme ligneux et les cellules de mérenchyme ; les dernières joueraient au printemps, le principal rôle dans la conduction des substances plastiques vers la périphérie.

7° *Liber.*

Le liber a été l'objet d'un assez grand nombre de travaux presque tous relatifs à la topographie ou à l'origine de ce tissu.

D'après M. de Janczewski les éléments caractéristiques du liber, les tubes criblés, se retrouvent chez les Cryptogames vasculaires, mais avec cette modification que les ponctuations de la membrane dont la réunion constitue le crible, ouvertes chez les Phanérogames, sont toujours

(1) L. Kny : *Ein Beitrag zur Kenntniss der Markstrahlen dicotyler Holzgewächse* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 6, p. 176-188, 1890).

fermées chez les Cryptogames ; en outre, dans les Cryptogames les pores se montreraient toujours dépourvus de *cals*. D'après M. G. Poirault (1), la substance calleuse existerait toujours en réalité chez les Cryptogames vasculaires, sauf cependant chez les Ophioglossées. En outre, chez les Cryptogames, les cloisons transverses des tubes criblés appartiendraient presque exclusivement au type Vigne, c'est-à-dire qu'elles seraient obliques avec des plages criblées plus ou moins nombreuses.

On sait que M. Hérail, contrairement à l'opinion de l'école allemande et en particulier de M. Petersen avait montré que, sauf dans les Cucurbitacées, le tissu appelé liber interne n'est pas d'origine procambiale mais résulte d'une évolution spéciale de certaines cellules de la moelle. Pour M. Hérail les faisceaux des Cucurbitacées méritaient seuls le nom de bicollatéraux ; les autres familles dites à double liber possédaient simplement du *liber médullaire*. M. Lamounette (2) ayant repris l'étude de cette question confirme les idées de M. Hérail et les étend aux Cucurbitacées.

On sait que M. Van Tieghem a le premier signalé l'existence de tubes criblés périmédullaires dans la racine. Aux exemples qu'il avait déjà donnés, M. Van Tieghem (3) en ajoute aujourd'hui un nouveau, la racine des *Strychnos*. Parmi les premiers exemples, nous citerons les *Vinca* chez lesquels M. J. Hérail (4) vient de retrouver les mêmes formations.

Mlle A. Frémont (5) a trouvé des tubes criblés dans la moelle primitive de la racine des *Œnothera Fraseri* et *riparia*, dans la *moelle ultérieure* de la racine de l'*Epilobium parviflorum* et dans le bois secondaire de la racine des *Œnothera Fraseri*, *parviflora*, *cruciata*, *macrocarpa* et *Sellowii*.

M. Beauvisage (6) signale aussi l'existence de fascicules criblés, enclavés dans le bois secondaire de la racine de la Belladone.

M. H. Solereder (7) a constaté que l'existence de faisceaux criblés périmédullaires est la règle chez les Thyméléacées et les Pénæacées.

M. P. Lesage (8) a trouvé que le liber est plus tôt différencié que le bois dans les racines de 16 espèces de plantes.

8° *Tissu sécréteur.*

Parmi les laticifères, il en est qui affectent la forme de tubes continus

(1) G. Poirault : *Sur les tubes criblés des Filicinées et des Équisétinées* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CXIII, p. 232, 1891).

(2) Lamounette : *Recherches sur l'origine morphologique du liber interne* (Annales des sciences naturelles, Botanique, 7e série, t. XI, p. 193-282, 1890).

(3) Ph. van Tieghem : *Sur les tubes criblés extra-libériens et les vaisseaux extra-ligneux* (Journal de botanique, 5e année, n° 8, 16 avril 1891, p. 117-128).

(4) J. Hérail : *Sur l'existence du liber médullaire dans la racine* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CXII, n° 15, p. 823, 13 avril 1891).

(5) Mlle A. Frémont : *Sur les tubes criblés extra-libériens dans la famille des Œnothéracées* (Journal de botanique, n° 12, 16 juin 1891, p. 194-196).

(6) G. Beauvisage : *Sur les fascicules criblés enclavés dans le bois secondaire de la Belladone* (Ibid., n° 10, 16 mai 1891, p. 161-163).

(7) H. Solereder : *Botan. Centralblatt*. Bd. XLI, p. 250, 1890.

(8) P. Lesage : *Sur la différenciation du liber dans la racine* (Comptes rendus de l'Acad. des sciences, t. CXII, p. 444, 1891).

naissant dans l'embryon, se développant avec lui de façon à parcourir la plante entière et demeurant vivants pendant toute son existence. M. G. Chauveaud (1), qui en a suivi le développement, les désigne sous le nom de laticifères continus primitifs (*Euphorbia*, *Croton*, *Broussonetia*, etc.), les distinguant ainsi des laticifères continus ultérieurs (*Urtica*, *Vinca*, etc.), qui naissent en dehors de l'embryon. D'après l'auteur, les laticifères continus primitifs ne s'observent que dans les familles des Euphorbiacées, Urticacées, Apocynées et Asclépiadées, où ils peuvent servir à caractériser certaines tribus. L'appareil laticifère continu primitif est formé par des cellules spéciales (*initiales*) qui sont dans l'embryon les premiers éléments différenciés. Ces cellules initiales, rarement au nombre de 4, parfois au nombre de 8, souvent plus nombreuses, présentent un nombre constant pour chaque espèce. Elles apparaissent toujours dans le même plan transversal (*plan nodal*) et se forment dans la plupart des cas aux dépens de l'assise péricyclique. Ces initiales s'allongent en tubes et se ramifient beaucoup, constituant dans l'embryon un système complexe susceptible d'une grande régularité. Ce système s'accroît plus tard pour fournir l'appareil laticifère de la plantule, puis celui de la plante adulte. Dans les cas où la plante acquiert des formations secondaires, ces formations sont parcourues par des tubes laticifères issus des branches voisines des assises génératrices et appartenant au système laticifère primitif. On ne constate jamais l'apparition de nouvelles initiales après les premiers stades du développement embryonnaire.

Les rameaux de cet appareil ne présentent jamais, d'après l'auteur, ni anastomoses, ni cloisons transversales. Ils peuvent se répandre dans la moelle aussi bien que dans l'écorce. Leurs terminaisons ne sont pas localisées dans un tissu spécial ; dans les feuilles comme dans les cotylédons on les trouve soit au milieu du parenchyme, soit au-dessous des cellules palissadiques, soit même plus fréquemment au contact de l'épiderme.

Des tubes laticifères continus peuvent coexister dans la même plante avec des tubes laticifères articulés, c'est-à-dire que ces deux formes de tissu ne s'excluent pas et sont loin dès lors d'avoir l'importance systématique que leur attribuait de Bary.

Nous avons à signaler aussi, un assez grand nombre de travaux, sur le tissu sécréteur des plantes. Trois sont relatifs aux Papilionacées. M. P. Baccarini (2) a rencontré dans les divers organes du *Glycine sinensis* des réservoirs sécréteurs, dont les uns sont formés par une seule grande cellule isodiamétrique et dont les autres résultent de la fusion de plusieurs cellules placées les unes à la suite des autres, de façon à former une sorte de tube. Au point de vue de la fonction on peut, d'après l'auteur, les diviser en *transitoires* et en *définitifs ;* les premiers sont vivants, les seconds sont morts. Leur contenu consiste en un mélange de diverses substances :

(1) G. Chauveaud : *Recherches embryogéniques sur l'appareil laticifère des Euphorbiacées, Urticacées, Apocynées et Asclépiadées* (Annales des sciences naturelles, Botan., 7e sér., t. XIV, p. 1-160).

(2) P. Baccarini : *Interno agli elementi speciale della Glycine sinensis* (Malpighia, vol. III, 1890).

albuminoïdes, tannin, sucres, etc. Leur rôle dans la plante est encore problématique. M. W. Russell (1) a trouvé dans les genres *Phaseolus, Onobrychis, Ornithopus, Lotus, Tetragonolobus* des cellules à tannin, disposées en files superposées de façon à former des sortes de laticifères. Dans les plantes adultes, le tannin ne se rencontre pas seulement dans ces cellules, on en trouve aussi dans divers éléments de la moelle et de l'écorce. Cet appareil sécréteur doit donc être étudié de préférence dans les plantes jeunes. Il n'est pas préformé dans la graine et apparaît pendant la germination, avant la différenciation des faisceaux en liber et en bois. M. Russell a d'ailleurs constaté que le tannin qui y est contenu se trouve dans les plantes étiolées aussi bien que dans les plantes vertes, et qu'il subsiste dans la plante, sans être utilisé, alors que tout l'amidon ayant disparu, la plante meurt faute d'éléments nutritifs. L'auteur conclut de là, que chez les Papilionacées, le tannin se comporte comme un produit d'excrétion. M. P. Vuillemin (2) distingue chez les Légumineuses : 1° des cellules tannifères, les unes corticales, les autres médullaires, d'autres enfin intra-fasciculaires, ces dernières pouvant se trouver dans le liber ou dans le bois ; 2° des cellules oxalifères ; 3° des glandes uni-cellulaires à contenu spécial, disséminées dans l'épiderme, ne faisant pas saillie au dehors, mais d'ordinaire plus allongées radialement que les cellules épidermiques ordinaires ; 4° des poils et des émergences glandulaires de forme et de structure variées.

M. Finselbach (3) décrit dans la tige, la feuille et la racine du *Dorema ammoniacum* des canaux sécréteurs qui, dans leurs traits essentiels, correspondent à ceux que l'on a déjà observés dans les autres Ombellifères.

MM. Zopf et Heinricher avaient signalé dans les Fumariacées, l'existence de réservoirs sécréteurs, dont le contenu consistait, pour le premier, en tannin et matières colorantes, pour le second, en huile grasse. M. Léger (4), qui de nouveau a étudié ces formations, les considère comme représentant des laticifères. Ces glandes revêtent divers aspects : tantôt ce sont des cellules isolées, tantôt des sortes de canaux résultant de la superposition d'un nombre variable de cellules sécrétrices, dont les cloisons transversales persistent ou se résorbent plus ou moins complètement. Leur contenu consiste en un liquide limpide rouge cerise analogue à celui qu'on trouve dans les laticifères des *Glaucium* ; il diminue avec l'âge et même peut disparaître complètement. On les rencontre dans les organes et les tissus les plus variés. Quelques Papavéracées (*Eschscholtzia californica* et *tenuifolia*, *Hypecoum procumbens*) pourvues de vrais laticifères, ont dans leur jeunesse un latex rouge

(1) W. Russell : *Contribution à l'étude de l'appareil sécréteur des Papilionacées* (Revue générale de Botanique, t. II, n° 20, p. 337-340, 1890).

(2) P. Vuillemin : *Sur la structure des feuilles de Lotus* (Bulletin de la Société botanique de France, t. XXXVII, fasc. 4, p. 206-213, 1890). — *Sur l'évolution de l'appareil sécréteur des Papilionacées* (Ibid., t. XXXVIII, fasc. 3, p. 193-200. 1891).

(3) Finselbach : *Beiträge zur Kenntniss der Anordnung der Saftschläuche in der Umbelliferen* (Archiv der Pharmacie, Bd. CCXXVIII, p. 493-495, 1890).

(4) L.-J. Léger : *Sur la présence de laticifères chez les Fumariacées* (Comptes rendus, t. CXI, n° 22, 1er décembre 1890) ; — *Les laticifères des Glaucium et de quelques autres Papavéracées* (Bull. de la Soc. Linnéenne de Normandie, 4e sér., vol. V, fos 2).

analogue à celui des *Glaucium* et des Fumariacées, qui plus tard est remplacé par un liquide lactescent jaunâtre. M. Léger voit là une transition entre les laticifères des Papavéracées et ceux des Fumariacées. M. ZOPF (1), dans un nouveau travail, déclare ne pas accepter l'interprétation de M. Léger. D'après lui, les réservoirs sécréteurs des Fumariacées ne sont des laticifères, ni par leur contenu qui consiste en alcaloïdes variés suivant les espèces, en résines colorées, en une matière colorante soluble dans l'eau, en corps gras, en sucre en alcaloïdes (corydaline), et ne présente nullement les caractères d'une émulsion, ni par la structure, car les cellules qui les constituent ne présenteraient jamais ces phénomènes de fusion qui aboutissent à la formation de vaisseaux.

M. THOUVENIN (2) signale la présence de laticifères dans une Olacacée, le *Cardiopteris lobata;* ce sont des tubes droits unis par des rares anastomoses et disséminés dans la partie moyenne de l'écorce, dans le liber et dans la moelle. Leur contenu est entièrement soluble dans le sulfure de carbone et en partie seulement dans l'alcool et dans l'éther.

9° *Racine.*

Il résulte des observations de M. GÉNEAU DE LA MARLIÈRE (3) que l'anomalie signalée par MM. Courchet et Gérard, dans la structure des racines latérales

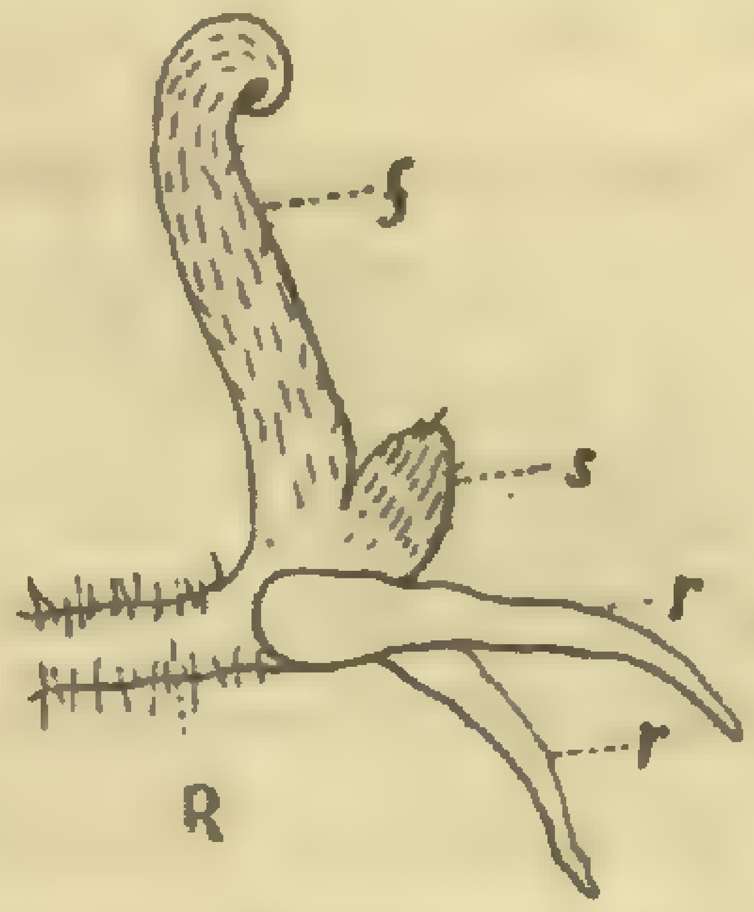


Fig. 53. — Une extrémité de racine d'*Asplenium esculentum*, transformée en une pousse feuillée. — *s*, sommet de la pousse; *f*, jeune feuille; R, racine dont l'extrémité a donné la pousse; — *r*, *r*, jeunes racines, nées à la base de la pousse (d'après ROSTOWZEW).

renflées en tubercules des *Œnanthe*, est plutôt apparente que réelle. On peut, en effet, trouver dans les plantes de la même famille, une série d'intermédiaires entre cette structure dite anormale et la structure d'une racine renflée normale (*Daucus*, *Apium*).

M. Lachmann avait déjà observé dans une Polypodiacée, l'*Anisogonium seramporense*, la transformation d'extrémités de racines en bourgeons. M. ROSTOWZEW (4) a observé le même phénomène dans l'*Asplenium escu-*

(1) W. Zopf: *Zur physiologischen Deutung der Fumariaceen-Behalter* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. IX, Heft. 4, p. 107-117, 1891).

(2) Thouvenin : *Sur la présence de laticifères dans une Olacacée, le Cardiopteris lobata* (Bulletin de la Soc. bot. de France, t. XXXVIII, fasc. 3, p. 129-130, 1891).

(3) Géneau de la Marlière : *Structure comparée des racines renflées de certaines Ombellifères* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 4 mai 1891).

(4) Rostowzew : *Beiträge zur Kenntniss der Gefasskryptogamen* (Flora, Jahrg. 73, Heft II, p. 155-168, 1890).

lentum (fig. 53) et dans divers *Platycerium*. Cette transformation peut avoir lieu à divers stades de développement des racines. La cellule terminale de la racine devient directement celle de la tige ; les faisceaux de la racine se continuent directement dans la pousse en présentant des transformations analogues à celles qui se produisent dans l'axe hypocotylé des plantes supérieures.

On sait que les bulbes de certaines Monocotylédones donnent souvent naissance à deux sortes de racines, les unes filiformes, les autres renflées ou napiformes. M. L. Daniel (1), qui a étudié les racines napiformes du Glaïeul, les considère comme des organes de réserve transitoire qui, dans cette plante, renferment du glucose.

Les rhizomes ou les racines de certaines plantes se fragmentent plus ou moins irrégulièrement en des points variés à mesure qu'ils avancent en âge, de façon à devenir parfois méconnaissables. M. L. Jost (2) a étudié anatomiquement ces faits dans les parties souterraines des plantes suivantes : *Gentiana cruciata, Corydalis nobilis, C. ochroleuca, Aconitum Lycoctonum, Salvia pratensis, Sedum Aizoon.* D'après lui ils sont la conséquence de la mort de certaines portions de tissus, en particulier de celles qui sont en correspondance étroite avec les organes annuels, fleurs, feuilles, dont elles représentent pour ainsi dire les « traces ». Les tissus morts peuvent d'ailleurs être isolés des parties vivantes par du liège (*Gentiana, Aconitum, Salvia*) ou non (*Corydalis*).

10° *Tige*.

On sait que dans beaucoup de cas les nœuds se différencient morphologiquement des entre-nœuds. M. A. Prunet (3) a voulu savoir si à cette différenciation externe ne correspondait pas une différenciation interne anatomique et physiologique. Ses recherches ont porté uniquement sur le groupe des Dicotylédones. Au point de vue anatomique les nœuds se différencient des entre-nœuds par un certain nombre de caractères.

Dans les faisceaux foliaires, les vaisseaux sont plus petits, tous à fond mince et les éléments de soutien disparaissent; dans les faisceaux caulinaires, la proportion des petits vaisseaux à fond mince augmente, celle des grands vaisseaux à fond épaissi diminue et les éléments de soutien se réduisent plus ou moins. Les tissus parenchymateux, l'écorce surtout, augmentent de volume; les dimensions longitudinales des cellules corticales et des cellules médullaires diminuent. Les rayons médullaires s'élargissent ou se multiplient. La réduction des tissus de soutien à parois lignifiées se retrouve dans le péricycle, où elle est habituellement compensée par un déve-

(1) L. Daniel : *Sur les racines napiformes transitoires des Monocotyledones* (Revue génér. de Bot., t. III, n° 35, p. 455-461, 1891).

(2) L. Jost : *Die Zerklüftungen einiger Rhizome und Wurzeln* (Botanische Zeitung, 1890, nos 28-32, 1 pl.).

(3) A. Prunet : *Recherches sur les nœuds et les entre-nœuds de la tige des Dicotylédones* (Annales des sciences nat., Botan., 7e sér., t. XIII, 1891) ; — *Recherches anatomiques et physiologiques sur les nœuds et les entre-nœuds de la tige des Dicotylédones*, Paris, Masson, et Toulouse, Lagarde et Sébille.

loppement plus considérable du collenchyme. Pour montrer que ces modifications tiennent à la présence de la feuille, l'auteur constate qu'elles sont faibles ou nulles dans les nœuds de la base des rameaux à feuilles rudimentaires et dans les nœuds des tiges souterraines, ou encore dans les nœuds dont les feuilles ont été supprimées dans le bourgeon. L'examen des nœuds des tiges âgées de plus d'un an, donne à M. Prunet l'occasion d'étudier les bourgeons dormants et d'expliquer le mode particulier de végétation du *Cercis* et du Jujubier, ainsi que la présence de parenchyme à parois cellulosiques à la partie interne du bois d'un certain nombre de plantes, parenchyme regardé par divers auteurs comme représentant un liber rudimentaire.

Dans la partie physiologique de son travail, de beaucoup la plus étendue, M. Prunet entreprend une série de recherches dans le but de montrer que les nœuds peuvent emmagasiner de l'eau de réserve, dont la présence s'explique par ce fait, démontré par l'auteur, que les nœuds sont plus riches en sels et en acides organiques que les entre-nœuds. M. Prunet montre en outre que les hydrates de carbone et les albuminoïdes solubles sont aussi plus abondants dans les nœuds que dans les entre-nœuds. Ces derniers faits sont faciles à comprendre si l'on réfléchit que les nœuds portent les bourgeons et sont placés immédiatement à la base des feuilles.

Des observations et des expériences de M. E. Mer (1), il résulte que pour activer l'allongement des jeunes Sapins il est bon d'amputer les rameaux de la partie inférieure du tronc. Si, malgré cette opération, la flèche demeure languissante, il faut la supprimer et la remplacer par la branche du verticille supérieur qui par sa conformation et sa direction paraît la plus apte à continuer le tronc; toutes les autres branches du verticille devront être supprimées.

11° *Feuille.*

M. Volkens (2) a observé qu'un assez grand nombre de plantes xérophiles sont protégées contre une transpiration trop énergique par l'existence à la surface de leurs feuilles, d'une sorte de vernis très brillant (fig. 54), en grande partie soluble dans l'alcool et sans doute de nature résineuse. Chose intéressante, au point de vue de la géographie botanique, ces plantes sont propres à l'hémisphère austral.

La mise en réserve d'une certaine quantité d'eau dans des tissus particuliers peut aussi permettre aux plantes de résister à une sécheresse temporaire. M. Arcangeli (3) a constaté que dans l'*Atriplex nummularia* on trouve au-dessous de l'épiderme des feuilles, un parenchyme incolore recouvrant le parenchyme assimilateur et représentant, d'après l'auteur, un tissu de réserve aqueuse.

On sait que le mésophylle de certaines feuilles renferme des sclérites des-

(1) E. Mer : *Moyen d'activer l'allongement des jeunes Sapins* (Extrait de la Revue des Eaux et Forêts, 15 p., 15 mai 1890).

(2) G. Volkens : *Ueber Pflanzen mit lackirten Blättern* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 4, p. 120-140, 1890).

(3) G. Arcangeli : *Sulla struttura delle foglie del Atriplex nummularia in relazione alla assimilazione* (Nuovo Giorn. bot. Ital., vol. XXII, p. 426-430).

tinées à lui servir de soutien et à le protéger contre l'écrasement. En étudiant le développement de ces formations, M. Pée-Laby (1) a observé que la feuille jeune en est dépourvue et qu'on les voit apparaître seulement lorsque le limbe possède sa forme définitive sans avoir atteint pour cela sa vraie grandeur; cette apparition coïncidant en général avec la différenciation complète de tous les autres appareils de la feuille. M. Pée-Laby a en outre constaté que certaines sclérites, en rapport plus ou moins étroit avec les faisceaux sont d'origine « péricyclique », les autres au contraire, toujours isolées au sein du mésophylle, résultent de la différenciation d'éléments mésophylliens. Quelle que soit leur origine, les sclérites des feuilles sont simples ou ramifiées; leur forme, leur taille et leurs relations avec les divers tissus de la feuille, sont extrêmement variées.

M. W. Russell (2) a étudié le développement des cladodes du Petit-Houx; il résulte de ses observations, que ces organes ne représentent, ni une

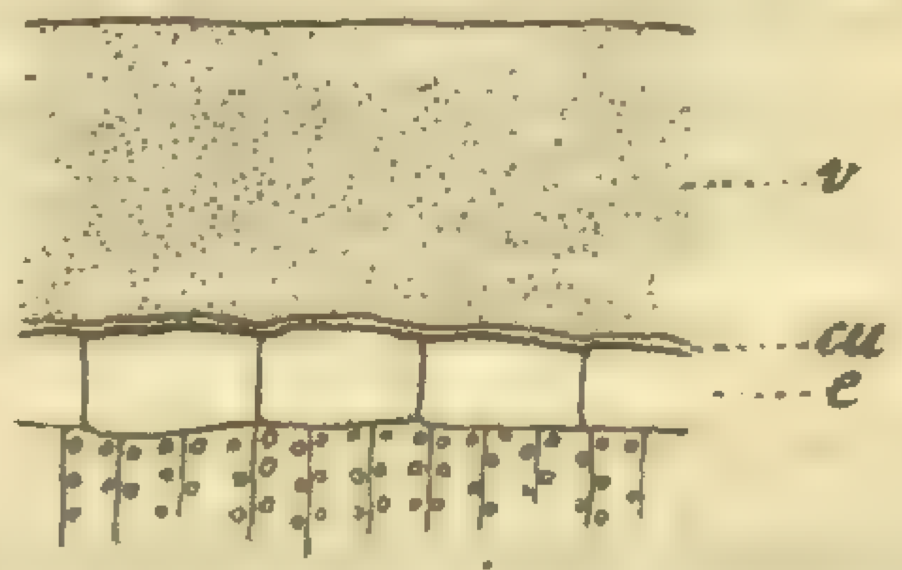


Fig. 54. — Coupe à travers une feuille d'*Eupatorium fastigiatum*. — *v*, couche de vernis brillant; — *cu*, cuticule; — *e*, cellules épidermiques; — *cp*, cellules en palissade (d'après Volkens).

feuille, ni une feuille unie au rameau axillaire dont elle procède; c'est un rameau aplati. Dans ce rameau, le cylindre central s'est comme décomposé et fractionné en parties séparées les unes des autres et disposées sur un même plan.

Les bourgeons axillaires des Conifères possèdent deux feuilles primordiales; c'est à partir de la troisième feuille que commence chez la plupart de ces plantes, le premier cycle de la spirale formée par les feuilles proprement dites. Sauf chez quelques Taxinées, la troisième feuille est en général, d'après M. A. Weisse (3), opposée à la tige mère; par suite elle est voisine de la feuille qui porte le bourgeon à son aisselle, mais elle ne lui est pas directement superposée, et suivant qu'elle se place à droite ou à gauche de cette feuille, la spirale tourne à droite ou à gauche. Cette asymétrie tient à la déviation latérale de cette feuille, ou bien à la pression des bases des feuilles de la tige mère immédiatement superposées à cette feuille.

Dans le cours de ses recherches sur la structure de la feuille, M. C. de Candolle (1) a constaté que la présence de faisceaux intra-médullaires dans le pétiole et les nervures de la feuille est un caractère très répandu chez les Dicotylédones; 42 familles très diverses ont présenté ce caractère.

(1) Pée-Laby : *Sur quelques éléments de soutien de la feuille des Dicotylédones* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1er juin 1891).

(2) W. Russell : *Recherches sur le développement et l'anatomie des cladodes du Petit-Houx* (Revue générale de botanique, t. I, p. 193-199).

(3) A. Weisse : *Ueber die Wendung der Blattspirale und die sie bedingenden Druckverhältnisse an der Axillarknospen* (Flora, 1891, Heft 1, p. 58-70, avec pl.).

M. G. Briosi (2) vient de consacrer un volumineux mémoire, accompagné de nombreuses planches, à une description extrêmement détaillée des feuilles de l'*Eucalyptus globulus* Labil., feuilles cotylédonaires, feuilles adultes horizontales et verticales. Les divers appareils et en particulier l'appareil conducteur, l'appareil sécréteur et l'appareil mécanique y sont étudiés d'une façon minutieuse. Il nous est d'ailleurs impossible de résumer ici, malgré leur intérêt, les nombreux faits de détail signalés par l'auteur.

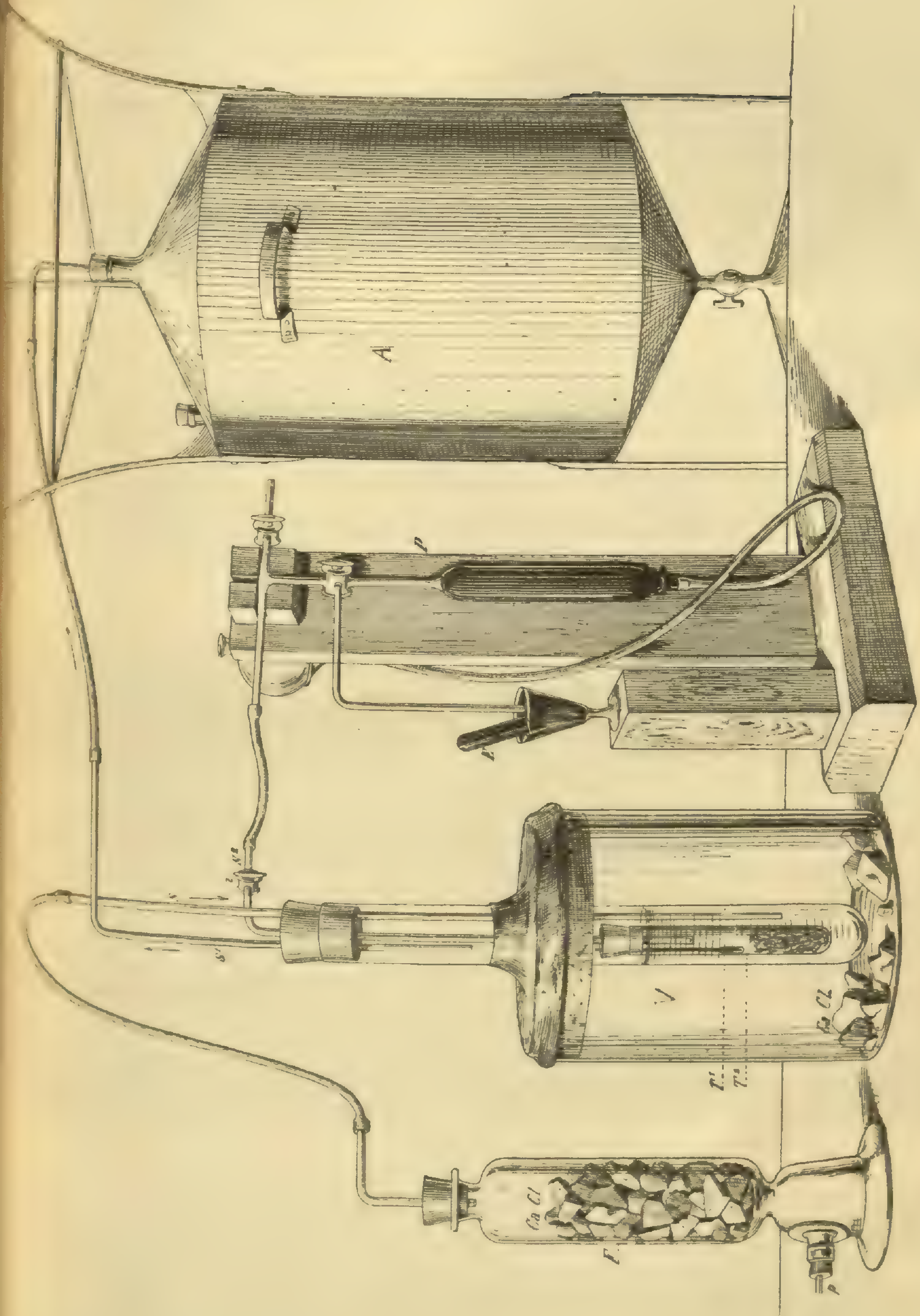
Dans une série de notes préliminaires et dans un mémoire définitif, M. C. Sauvageau (3) fait connaître les résultats de ses recherches sur la structure anatomique de la feuille des Potamogétonacées d'Ascherson. D'après l'auteur, l'épiderme des feuilles des plantes marines n'est pas la seule assise qui contienne de la chlorophylle, on en trouve aussi dans le parenchyme sous-jacent ; le bois est partout peu développé, mais le système mécanique, absent dans certaines espèces, peut présenter dans d'autres un développement important ; certains genres possèdent à l'extrémité de la nervure médiane une ouverture apicale due à la chute de quelques cellules épidermiques et destinée à faciliter les échanges de liquides entre les feuilles de ces plantes et le milieu ambiant, échanges qu'on observe d'ailleurs, d'après l'auteur, même dans les genres qui sont dépourvus de cette ouverture. M. Sauvageau a constaté que les caractères anatomiques sont suffisants pour la détermination de dix-huit espèces marines, mais qu'ils sont incomplètement applicables aux trente autres espèces du groupe et en particulier aux *Potamogeton*. Dans la partie générale de son mémoire, M. Sauvageau paraît admettre que l'on ne puisse tirer des conclusions de cause à effet, de modifications dans la structure ou les fonctions d'un organe survenues à la suite de changements dans les conditions extérieures. Les plantes en expérience, dit-il, ne végètent pas dans un milieu normal et les modifications observées peuvent être interprétées comme provenant de ce que leurs tissus sont les premiers à souffrir de ce changement. Si les individus dont on a modifié en tout ou en partie les conditions ordinaires d'existence en souffraient visiblement et n'arrivaient pas à leur développement complet, en un mot, s'ils ne s'acclimataient pas au nouveau milieu, nous croyons en effet qu'il serait dangereux de généraliser les changements survenus dans leur organisation, et cela pour la même raison qui nous ferait rejeter les indications fournies par des individus analogues ayant vécu dans des conditions normales. Mais en dehors de ce cas particulier que M. Sauvageau a eu sans doute en vue, cette objection est une de celles qui, longtemps opposées aux introducteurs de la méthode expérimentale dans les sciences biologiques, sont aujourd'hui définitivement abandonnées par les physiologistes.

(*A suivre*). A. Prunet.

(1) C. de Candolle : *Recherches sur l'Anatomie comparée des feuilles* (Archives des sciences physiques et naturelles de Genève, 1891, n° 11, p. 501).

(2) G. Briosi : *Intorno alla Anatomia delle foglie dell' Eucalyptus globulus*. Labil., gr. in-8, 95 p. et 23 pl., Milano, 1891.

(3) C. Sauvageau : *Sur les feuilles de quelques Monocotylédones aquatiques* Annales des sciences naturelles, Botan., 7e sér., t. XIII, p. 103-296, 1891).



Millot del. Ed. Crété. Vilou sc.

Recherches physiologiques sur les Lichens.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois, et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la ***Revue.***

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 7, rue Amyot, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 avril 1892

N° 40

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52, RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 AVRIL 1892

Pages.

I. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES RELATIONS ENTRE LES PLANTES ET LES INSECTES, par **M. A. Prunet**...... 145

II. — SUR QUELQUES PLANTES D'ESPAGNE RÉCOLTÉES PAR *M. E. REVERCHON* (avec une planche), note de **M. J. Hervier**.. 151

III. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES LICHENS (avec planches), par **M. Henri Jumelle** (*suite*)........... 159

IV. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES BACTÉRIES ET LES FERMENTATIONS parus pendant l'année 1890 (avec figures dans le texte), par **M. Léon Boutroux** (*Fin*)....... 176

V. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*suite*).......................... 186

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHE 7. — *Alsine Paui* et *Saxifraga valentina.*

Cette livraison renferme en outre une gravure dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES RELATIONS

ENTRE

LES PLANTES ET LES INSECTES

Par M. A. PRUNET

On sait que, d'après une théorie encore fort en honneur, du moins à l'étranger, la position des nectaires intra-floraux, la forme, la grandeur et l'arrangement des pièces florales au moment de la pollinisation sont prévus dans le but exclusif de la visite des insectes. Il y aurait alors adaptation parfaite entre la fleur et l'insecte chercheur de nectar, agent inconscient de la pollinisation.

Il est possible qu'il y ait, dans certains cas, tout au moins apparence d'adaptation, mais il est incontestable que les choses se passent fréquemment comme si cette adaptation n'existait pas. Il en est ainsi, par exemple, lorsque les insectes visiteurs recueillent le nectar autrement que par l'intérieur de la fleur, soit en profitant de l'intervalle des sépales ou des pétales, soit en perforant les enveloppes florales.

Darwin (1), qui a recherché les circonstances de cette récolte « illégitime » du nectar, prétend qu'on ne l'observe que dans les cas de fleurs réunies en massifs pressés, car, dit-il, les visiteurs, attirés alors en plus grand nombre, ont avantage à employer les moyens les plus rapides pour visiter le plus grand nombre de fleurs possible.

Darwin, d'ailleurs, ne cite qu'un petit nombre de cas de

(1) Ch. Darwin : *Des effets de la Fécondation directe et de la Fécondation croisée dans le règne végétal*, trad. Heckel, 1877.

« vol de nectar » ; Hermann Müller (1), un des naturalistes qui ont le plus longuement étudié les rapports des fleurs avec les insectes, et l'un des fondateurs de la théorie de l'adaptation, n'en donne que deux exemples (*Trifolium pratense, Erica Tetralix*). M. Gaston Bonnier (2), par contre, en a observé en Europe un grand nombre de cas, et M. W. Burck (3) déclare qu'ils sont très fréquents sous les tropiques. J'ai eu l'occasion d'observer en septembre dernier, dans le département de Lot-et-Garonne, des vols de nectar qui me paraissent intéressants à signaler, d'abord parce qu'ils se rapportent à une plante, l'*Impatiens Balsamina,* dans laquelle de semblables faits n'ont pas encore été indiqués, du moins à ma connaissance, ensuite parce que cette espèce est une de celles dont la structure, dans ses rapports avec la pollinisation par l'intermédiaire des insectes, a été minutieusement décrite (4) et que le genre *Impatiens* est considéré comme représentant un type spécial d'adaptation (5).

234 pieds d'*Impatiens Balsamina* étaient répartis dans trois massifs placés du même côté d'une maison à quelques mètres de distance les uns des autres. L'un de ces massifs renfermait surtout des pieds à fleurs simples, les deux autres surtout des pieds à fleurs doubles ; dans les trois, les pieds étaient irrégulièrement espacés ; ici très pressés, là très écartés. De l'autre côté de la maison, il y avait 8 pieds épars au milieu des herbes, dont quelques-uns à plusieurs mètres de distance des autres ; enfin, au-devant de la maison, à 20 ou 25 mètres des massifs, 14 pieds assez écartés les uns des autres et mêlés à diverses plantes.

Les fleurs de ces divers individus ont été visitées par de nombreux insectes. Je n'ai observé que les visites des Bourdons (*Bombus terrestris*, *B. hortorum*, etc.) et des Abeilles (*Apis mellifica*,

(1) Hermann Müller : *Ueber die Befruchtung der Blumen durch Insecten und die gegenseit. Anpassungen beider*, Leipzig, 1873.

(2) G. Bonnier : *Les Nectaires* (Ann. des sc. natur. Botan., 6e sér., t. VIII, p. 5-212).

(3) W. Burck : *Beiträge zur Kenntniss des myrmecophilen Pflanzen* (Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, vol. X, p. 82 et suiv.).

(4) Hildebrand : *Federigo Delpino's Beobachtungen über Bestäubeinrichtungen bei den Phanerogamen* (Botanische Zeitung, 1867, p. 283).

(5) Federigo Delpino : *Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale* (Estratto dagli Atti della Società Italiana delle Scienze naturali in Milano, vol. 16 et 17, 1873-1874).

Polistes gallica, etc.). Les Bourdons visitaient les fleurs de trois façons : 1° directement par l'extérieur après perforation des sépales; 2° directement par l'intérieur, après lacération, dans les fleurs doubles, des pétales supplémentaires qui obstruent la cavité de la fleur; 3° par l'extérieur après essai infructueux par l'intérieur. Les Abeilles visitaient aussi les fleurs de trois manières : 1° directement par l'extérieur en profitant des ouvertures faites par les Bourdons; 2° directement par l'intérieur; 3° par l'extérieur après essai par l'intérieur.

Le tableau ci-dessous résume mes observations :

	Bourdons.		Abeilles.	
	Fleurs			
	simples.	doubles.	simples.	doubles.
1° Visites par l'extérieur...........	282	304	327	335
2° — par l'intérieur...........	55	10	31	1
3° — par l'extérieur après essai par l'intérieur..........	63	86	42	64
	400	400	400	400

Ces observations, on le voit, fournissent des résultats qui sont en contradiction avec la théorie de l'adaptation. Elles montrent une fois de plus que les visiteurs prennent tout simplement, pour récolter le nectar, les voies les plus rapides et les plus faciles.

A la fin de la floraison, 692 fleurs simples sur 815 et 945 fleurs doubles sur 960 avaient été perforées sans que le rapprochement plus ou moins grand des pieds eût la moindre influence sur la proportion des fleurs perforées. C'est ainsi que les 17 individus placés devant la maison et tous à fleurs simples présentaient 63 fleurs perforées sur 65, et que les 8 pieds très espacés placés du côté de la maison opposé aux massifs et dont 6 portaient des fleurs simples et 2 des fleurs doubles, avaient toutes leurs fleurs perforées. La proportion des fleurs non perforées était donc maximum dans les trois massifs, c'est-à-dire là où, d'après l'opinion de Darwin, elle aurait dû être la plus faible.

Les plantes à Fourmis ont été depuis quelques années l'objet d'un grand nombre de travaux, destinés pour la plupart à mettre en évidence les services réciproques que se rendraient les Four-

mis et leur hôte. Les Fourmis éloigneraient par leur présence les larves phytophages des jeunes feuilles ou des organes reproducteurs, la plante fournirait en retour aux Fourmis des matières nutritives, sucre des nectaires extra-floraux, corpuscules nutritifs spéciaux [*food-bodies* de Fr. Darwin (1), *fruttini da Formiche* de Delpino (2), *corpuscules de Belt* et *corpuscules de Müller* de Schimper (3) ou même leur assurerait à la fois la nourriture et un abri].

Sans doute, MM. Treub (4), Gœbel (5), Schimper (6) ont déjà fait justice de quelques-unes des exagérations de certains auteurs, Belt (7), Beccari (8), etc., mais il y a encore, semble-t-il, des points douteux dans la théorie de l'adaptation des plantes aux Fourmis. On sait que, d'après cette théorie, les nectaires extra-floraux sont disposés de façon à être facilement accessibles aux Fourmis, mais que des dispositions spéciales empêchent ces insectes de parvenir jusqu'aux nectaires intra-floraux, où leur présence aurait le grave inconvénient d'éloigner les visiteurs chargés d'assurer la pollinisation.

M. F. Delpino (9), qui s'est fait une spécialité de l'étude des plantes à Fourmis, a longuement décrit la répartition et la structure des nectaires extra-floraux, et fait connaître les moyens mis en œuvre par la plante pour préserver les nectaires intra-floraux de l'invasion des Fourmis. Parmi les plantes étudiées par ce botaniste et dans lesquelles se trouvent le mieux réalisées, à son avis, d'une part la fréquentation des nectaires extra-floraux et d'autre part la protection des nectaires intra-floraux, se trouvent les espèces du genre *Tecoma*.

(1) Fr. Darwin : Journal Linnean Soc. Botan., vol. XV.

(2) F. Delpino : *Funzione mirmecofila nel regno vegetale* (Memorie della Reale Academia delle Scienze dell' Istituto di Bologna, série IV, t. VII, VIII, X, 1886, 1888, 1889) ; — *Contribuzione alla storia dello sliviuppo del regno vegetale*. Genova, 1880.

(3) A. F. W Schimper : *Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika*, Iena, 1888.

(4) M. Treub. : Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, vol. III, p. 129. vol. VII, p. 191.

(5) K. Gœbel : *Ibid.*, vol. VII, p. 21.

(6) A. F. W. Schimper : *loc. cit.*

(7) Belt : *The naturalist in Nicaragua*, 1874.

(8) Beccari : *Malesia*, II.

(9) F. Delpino : *loc. cit.*

En septembre dernier, j'ai observé dans le Lot-et-Garonne, sur trois pieds de *Tecoma radicans*, des faits qui sont en contradiction avec les assertions de M. Delpino et avec divers points de la théorie des plantes à Fourmis. Ces trois plantes, placées côte à côte le long d'un mur, portaient de nombreuses fleurs et étaient fréquentées par de véritables légions de Fourmis.

On sait que le *Tecoma radicans* présente des nectaires extrafloraux sur les feuilles et sur le calice et des nectaires intra-floraux sur la corolle et les carpelles. Voici, comme exemple, quelle était un jour la répartition des Fourmis sur les divers nectaires portés par 4 rameaux :

		1er Rameau.	2e Ram.	3e Ram.	4e Ram.
Nectaires extra-flor.	des feuilles.....	4	3	0	5
	du calice.......	140	86	42	34
Nectaires intra-flor.................		185	248	320	190

Les nectaires extra-floraux des rameaux dépourvus de fleurs épanouies, étaient en général moins riches en Fourmis que ceux des rameaux à nombreuses fleurs épanouies; parfois même la différence était considérable. Il était visible que les grands courants de Fourmis étaient dirigés vers les rameaux portant le plus grand nombre de fleurs épanouies, c'est-à-dire vers les parties de la plante où la nourriture était la plus abondante, tout en étant d'un facile accès.

SUR

QUELQUES PLANTES D'ESPAGNE

RÉCOLTÉES PAR M. E. REVERCHON

Note de M. J. HERVIER

Les voyages de M. E. Reverchon en Espagne et les découvertes si intéressantes qu'il a faites, ont été déjà l'objet d'articles publiés par divers botanistes. L'on doit à M. G. Rouy plusieurs articles dans le *Bulletin de la Société botanique de France* et dans le *Naturaliste* (1). M. O. Debeaux, dans son *Synopsis de la Flore de Gibraltar*, énumère la presque totalité des récoltes de M. E. Reverchon dans cette région (2). Enfin, M. le Dr M. Willkomm, de Prague, publie dans une revue d'Autriche (3), une série de notes très intéressantes, parmi lesquelles je citerai seulement :

— *Rhamnus bæticus* Willk. et Reverch., nov. sp. loc. cit. = *Rh. Frangula* L. var. *longifolius* Rouy in Le Naturaliste 1887. p. 199, olim !

Sierra de Palma, près Algeciras (Andalousie), bois humides. Juillet 1887. — Exsic. 1887, n° 119.

— *Ononis Cossoniana* Boiss. Reut. var. nov. *rotundifolia* Willk. l. c.

(1) G. Rouy : Bulletin de la Société bot. de Fr., tome 34 (1887), p. 434. — Le Naturaliste. 1887. etc.

(2) O. Debeaux : *Synopsis de la Flore de Gibraltar*. Paris, 1889. (Extrait des Actes de la Soc. Linnéenne de Bordeaux 1888.)

(3) M. Willkomm. *Sur quelques plantes nouvelles et critiques de la flore hispano-portugaise et baléarique* (Œsterr. botanische Zeitschrift. 1890. n° 4 et 1891, n° 1.)

Sables à San Roque et Gibraltar (Andalousie). Juin 1888 (Reverchon et Dautez).

— *Medicago gaditana* Perez-Lara in litt. — Willk. l. c.

Grazalema (Andalousie), lieux arides. Mai 1890.

— *Conopodium elatum* Willk. spec. nov. l. c.

Grazalema (Andalousie), bois. Juin 1890.

— *Senecio Lopezii* Boiss. var. nov. *minor* Willk. l. c. = *S. gibraltaricus* Rouy, in Le Naturaliste, 1887. p. 78.

Sierra de Palma, près Algeciras, 1887. — Exsic. 1887, n° 137.

— *Teucrium Reverchoni* Willk. sp. nov. l. c. = *T. Polium* L. var. *montanum* Boiss. Willk. Lge prodr. fl. hisp. II, p. 478, p.p. Reverch., in sched. olim.

Sierra de la Pizarra, près Cartana (Andalousie), lieux arides, 11 juin 1888. — Exsic. 1888, n° 166.

— *Ajuga Chamæpytis* Schreb. var. nov. *suffrutescens* Willk. l. c.

Serrania de Ronda (Andalousie), lieux sablonneux sur le calcaire. Août 1889. — Exsic. 1888, n° 401.

— *Thymus arundanus* Willk. sp. nov. l. c.

Serrania de Ronda, près Grazalema (Andalousie), lieux arides sur le calcaire. Juin 1890.

Il signale en outre d'autres variétés, mais je ne me borne à y renvoyer le lecteur pour les diagnoses et les notes critiques.

Je me propose avant tout dans cette courte notice de réunir les matériaux nouveaux et inédits que je crois utile de consigner pour la science.

— *Lepidium hirtum* D. C. Syst. II. — Willk. Lge. prod. fl. hisp. III, p. 783, var. nova. *psilopterum* Willk. inéd. in Sched.

Differt a typo foliis caulinis dentatis, petalis minoribus, siliculorum alis glabris, margine solùm breviter ciliatis.

Hab.: Sierra de Sacañe et Sierra de la Cueva Santa, lieux incultes, herbeux sur le calcaire jurassique, rare, 700 mètres. Juin 1891.

— *Alsine Paui* Willk. sp. nova, in litt. novemb. 1891 (*Alsine verna*. Pau, notes, fasc. I, p. 30, n° 44, non Bartling).

Intricata, caulibus longissimis filiformibus procumbenti-ascen-

dentibus, ramosis, infernè puberulis; foliis dissitis e basi lata linearibus acutatis rectis, planis, trinerviis, margine scabris; floribus laxè paniculato-cymosis, pedicellis capillaribus calyce 2-3 longioribus, erectis, cum cymae ramulis sepalisque puberulis; sepalis ovato-lanceolatis trinerviis angustissimè scariosis, petalis calyce longioribus basi lata in unguem brevem contractis albis; capsula calycem subæquante; seminibus.....

Proxima *A. vernæ* Bartl., quæ caulibus brevibus cum surculis foliariis cæspitem densum formantibus, foliis multo tenuioribus, curvatis, bracteis scariosis, et valvis capsulæ calycem conspicuè superantibus eximiè differt.

Hab.: Sierra de Espadan, terrains rocheux et ombragés sur le calcaire triasique, rare, à 1,800 mètres. Août 1891.

Cette nouvelle espèce est fort remarquable par ses caractères, son port et son aspect, qui sont nettement tranchés; elle paraît toute spéciale à la Sierra de Espadan. M. Willkomm a dédié cette curieuse espèce à M. Charles Pau de Ségorbe, botaniste distingué, qui le premier l'avait découverte en 1883 dans la même localité, et l'avait prise pour l'*Alsine verna* Bartl.

M. Reverchon la publie dans son exsiccata 1891, sous le n° 702, en magnifiques exemplaires.

La figure 1 de la planche 7 représente un exemplaire de l'*Alsine Paui*.

— *Saxifraga valentina* Willk. spec. nov. in litt. Januar. 1892.

Laxè cœspitosa, intricata, glabra, viscidula, foliis longè petiolatis lætè virentibus, petiolo angustè lineari basi dilata vaginante, limbo flabellato profundè tripartito, partitionibus linearilanceolatis obtusissimis, margine (in sicco) subrevolutis, nervosis, lateralibus divaricatis sæpè bifurcatis; caulibus floriferis teneris erectis, simplicibus, aphyllis aut folia 2-3 parva tripartita ferentibus; floribus cymoso-paniculatis, bracteis bracteolisque linearibus cum pedunculis et calycibus glanduloso-puberulis, viscidis, pedunculis jàm sub anthesi calyce longioribus, terminalibus rectiusculis, alaribus arcuatis, defloratis nutantibus; sepalis oblongis obtusis toro obconico sub anthesi longioribus,

petalis calyce duplo longioribus, obovato-cuneatis trinerviis albis ; staminibus sepala sub æquantibus, antheris capitatis luteis, stylis elongatis valdè divergentibus. Capsula ignota.

Species, a sectione *Dactyloides*, valdè affinis *S. trifurcatæ* Schrad., a quà differt teneritate, petiolis angustioribus, partitionibus foliorum obtusissimis (nec valdè acuminatis), caulibus multo gracilioribus, floribus minoribus, sepalis toro longioribus obtusis (nec brevioribus mucronatis), stylis divaricatis (neque erectis). Similis quoquè *S. paniculatæ* Cav., quæ caulibus multo robustioribus, foliis rigidis magis coriaceis latiùs petiolatis, partitionibus limbi minùs profundè tripartiti latis, sæpè omnibus (semper saltèm lateralibus) divaricato-bi-trifidis, caulibus ramosis foliatis, panicula ampla, sepalis oblongo-triangularibus torum æquantibus, staminibus e calyce exsertis à nostra benè distincta est.

Hab.: Sierra de Javalambre, rochers escarpés à Le Prado, à 2,000 mètres. Juillet 1891.

E. Reverchon, exsicc. 1891, n° 622.

La figure 2 de la planche 7 représente un exemplaire du *Saxifraga valentina*.

— *Galium murale* All. var. nov. *laxum* Lang ein Sched. 1889.

Differt a typo caulibus capillaceis longè diffusis, foliis laxis latioribus, internodiis elongatis, fructibus longiùs pedicellatis.

Hab. Sierra de la Nieva, près Ronda, sur les rochers. 20 juin 1889.

Les *Hieracium* ont été revisés par M. Arvet-Touvet, je ne signalerai que les plus intéressants.

— *Hieracium bæticum* Arvet-Touvet et Reverchon, in litt. octob. 1889. Species nova.

Plus ou moins ériopode; feuilles *vertes grisâtres*, plus pâles en dessous mais non à peine glaucescentes, *toutes radicales*, ou, rarement une seule située près de la base de la tige et alors, *atténuée en pétiole* et non subembrassante comme dans *saxatile* Vill. ou *phlomoides* Froël., étroitement elliptiques, ovales, oblongues ou lancéolées, obtuses — mucronées ou, les intérieures, acuminées-aiguës, denticulées surtout près de la

base, ou presque très entières, poilues — pubescentes ordinairement sur les deux faces, atténuées ou contractées en pétiole ± court et ± poilu-sublaineux, à poils très blancs (sur le vif), flexueux et un peu soyeux, *visiblement denticulés* plutôt que subplumeux; scape *mono-oligocéphale*, nain ou peu élevé (5-15 centimètres de long), grêle, dressé, strié, pubescent à la base, *pubescent étoilé-farineux et glanduleux* supérieurement et sur tous les pédoncules appuyés par une bractée linéaire; péricline ovoïde (environ 1 centimètre de long sur un peu moins de large) à écailles *glanduleuses et d'un vert noirâtre sur le dos*, blanchâtres — *farineuses surtout sur les bords*, *lancéolées-acuminées*, *mais obtuses ou obtusiuscules au sommet*, excepté 2-3 des plus intérieures qui sont acuminées-aiguës; ligules *à dents glabres ou finement papilleuses;* styles jaunes; achènes de 3 millimètres environ, d'un pourpre noirâtre; réceptacle *denté fibrilleux* plutôt que ciliolé. — Section *Cerinthoidea*. Grex. *Phlomoidea*.

♃. Andalousie. Sierra de la Nieva, sur les rochers calcaires, 12 juillet 1889.

Cette plante a des affinités, mais assez éloignées avec les *H. saxatile* Vill. et *phlomoides* Froël. qui sont glauques, à poils subplumeux, et à ligules ciliolées, ainsi que le réceptacle, etc. — Elle a également des rapports avec les *H. Loscosianum*, *bellidifolium* et *spathulatum* Scheele, qui ne semblent former qu'une seule ou, au plus, deux espèces et qui sont très glauques, à feuilles obovales, glabres ou glabrescentes, à écailles du péricline très aiguës et à ligules ciliolées, etc.

M. Arvet-Touvet ajoute, dans une lettre datée du 25 octobre 1889 : « Je ne vois cette plante décrite nulle part; il me semble pourtant l'avoir rencontrée dans quelques herbiers, mais comme forme doute, et avec la même provenance du midi de l'Espagne. Il convient donc dès lors de la fixer par un nom et une description. »

— *H. flocciferum* Arv.-Touv. in Revue de botanique de la Soc. franç. de Bot. tome IX, n° 97, p. 31 — (forma *abbreviata, gracilenta*).

Sierra de Javalambre près de Ségorbe, rochers escarpés sur

le calcaire jurassique, à 2,000 mètres, rare. Juillet 1891.

— *H. Berardianum* Arv.-Touv. Hierac. Alp. franc. p. 50.

Sierra de Javalambre, rochers escarpés sur le calcaire jurassique, à 2,000 mèt. rare. Juillet 1891.

E. Reverch. exs. 1791, n° 630.

Nouveau pour la Flore d'Espagne.

— *H. valentinum* Arv.-Touv. et Reverchon spec. nov. in litt. *H. pseudocerinthoides* Koch inter et *H. atlanticum* Fries quasi medium. Phyllopodum et eriopodum, pumilum, intensè viride subglaucescens; folia margine ciliato-glandulosa cæterùm glabrescentia, caulina nulla vel 1-3 reducta sessilia, decrescentia; caulis glabrescens vix glandulosus; pedunculi glandulosi supernè cano-floccosi; ligulæ dentibus ciliatæ, stylo luteo; achenia matura (badio-atrata?). Sect. *Pseudocerinthoides*.

Hab.: Sierra de Javalambre, juillet 1891.

— *H. anchusoides* Arvet-Touv. Hier. Alp. franc. p. 13 (forma!) = *H. echioides* Scheele, in Willk. et Lge, prod. fl. hisp. II, p. 255, non W. K.!

Hab.: Sierra de Espadan, lieux arides et ombragés, sur le trias, rare, à 800 mètres. Juillet 1891. Exsic. 1891, n° 635.

— *Linaria Reverchoni* Wittrock nova spec. in Acta Horti Bergiani, tom. 1, n° 4, cum 1 tabula, Stockholm 1891. Sectio *Versicolores* Benth.

Planta annua, inflorescentia excepta glabra, cinerascenti-glauca; axis principalis parum evolutus, non fructicans; axes adventitii erecti, simplices vel parcè ramosi, teretes; 0,4 — 1.1 met. longi, primarii 1-4 foliis inferioribus ternis, secundarii (∞) foliis inferioribus quaternis, omnes foliis superioribus sparsis, internodiis prœcipuè supremis sat longis, racemum terminalem ferentes; foliis caulinis angustè linearibus semiteretibus infernè convexis, supernè subplanis, apice obtuso; racemus capituli-formis omnibus ferè partibus glandulosus pilis glanduliferis parvis violaceis, pedicellis curtis (2-4 mm. longis), eadem ferè longitudine ac bracteis, augustè obovatis; calix subirregularis lacinia postica paullo longiore quàm cæteris, laciniis omnibus sublanceolatis, eadem ferè longitudine ac pedicellis; *corolla*

magna, externè glandulosa violacea (1) *palato macula fulva albocincta ornato*, parte anteriore tubi fulva; labium superius paullum refractum, ad partem ferè dimidiam bifidum, lobis obtusis; *labium inferius multo brevius quàm labium superius*, lobis brevibus rotundatis, lobo medio minore quàm lateralibus, palato sulcato; faux in latere anteriore pilis unicellularibus plerisque fulvis vestita; calcar ferè rectum, breve eadem ferè longitudine ac pedicellus; filamenta parte anteriore *superiore* pilis violaceis unicellularibus velutina; stylus breviter bifidus stamina posteriora subæquans; capsula parva glabra, compressè oviformis apice emarginato, paullo longior quàm lacinia calycis, *poris* duobus apicalibus *dentibus quaternis curtis circumdatis* aperta, *semina* parva (vix 1 mm. longa) *nigra*, compresse *semiglobosa*, *testa manifestè scrobiculata*, scrobiculis fere transverse seriatis.

Specimina sicca hispanica ac viva in Horto Bergiano culta vidimus.

Hab.: in Hispania prope Malacam (Malaga) in locis aridis montis Sierra de Mijas, ubi celeberrimus peregrinator botanicus E. Reverchon mense junii 1888 plantam florentem et fructiferam invenit nobisque communicavit.

Nomen specificum *Reverchoni* in honorem clar. inventoris dedimus.

Species hæc pulcherrima et distincta *L. Clementei* Hœns. affinis est. — Differt præcipuè structura et colore corolla ac forma et sculptura seminis

L. Reverchoni Witt.	*L. Clementei* Hæns.; Boiss. Voy. Esp., p. 454, t. 129.
Labium superius ad partem mediam bifidum, lobis obtusis.	Labium superius ad basin fere bifidum, lobis subacutis.
Labium inferius multo brevius quam labium superius.	Labium inferius altum, paullo brevius quam labium superius.
Palatum superne macula fulva albocincta ornatum.	Palatum superne macula aurantiaca flavocincta ornatum.
Filamenta parte anteriore superiore (majore) velutina.	Filamenta parte inferiore velutina.
Pori capsulæ dentibus quaternis brevibus circumdati.	Pori capsulæ dentibus senis longis circumdati.
Semina nigra, compresse semiglobosa, testa manifeste scrobiculata.	Semina grisea, acute triquetra, corrugata.

(1) Flos siccatus colorem violaceum cum colore subcæruleo mutat.

— *Erinus hispanicus* Pers. var. *laxiflora* Willk. in Sched. Differt a typo *E. hispanici* racemis laxifloris, floribus minoribus longè pedunculatis (pedunculis calyce 2-3 longioribus), corolla parva. Fortassè species nova.

Hab.: Sierra de Grazalema, rochers calcaires, rare, 20 juin 1890.

— *Ornithogalum Reverchoni* Lange in litteris. Bulbus ovatus, membranace-tunicatus, nucis avellanæ magnitudine; caules $2\frac{1}{2}$ — 3 decimet. altus; folia c. 4 plana, latè linearia, inflorescentiam non attingentia; racemosus brevis (non corymbosus), 6-7 floribus, bracteæ flore breviores, lanceolatæ longè acuminatæ, virides (nec hyalinæ); pedicellus 7-10 mm. longus, perigonio brevior; folia perigonalia elliptico oblonga, obtusiuscula, intus albida, dorso lutescentia vel rufescentia; anthera filamentis (omnibus indivisis) duplo vel ultrà breviora; fructus...

Hab.: Sierra de Ronda, rochers, très rare. Juin 1889. Species hæc propè *O. unifolium* Gawl. (*O. nanum* Brat) collocanda, sed hujus forma typica 2-3 humilior, folio unico, etc, differt; ejusque varietas *planifolia* Coss. apud Bourgeau, 1863. n° 2543, a nostra bracteis brevioribus hyalinis, pedicellis brevissimis vel subnullis, etc. recedit.

— *Panicum eruciforme* Sibth. Sm. (Hackel !).

Ségorbe, lieux humides et herbeux près du Rio, sur le calcaire, rare, à 350 mètres. Août 1891. C'est une nouvelle acquisition pour la flore d'Espagne; M. Reverchon la publie sous le n° 661 (1891), de son exsiccata.

— *Festuca Hystrix* Boiss. (Hackel, monog. p. 119 !)

Sierra de la Peñagolossa, lieux arides sur le calcaire jurassique, rare, à 1,700 mètres. Juin 1891. C'est une nouvelle station de cette remarquable Graminée.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

Par M. Henri JUMELLE (*Suite*).

---

2. — Influence de la proportion d'eau du Lichen sur l'intensité des échanges gazeux.

Nous avons vu que lorsque le Lichen est entièrement desséché, ses échanges gazeux avec le milieu sont suspendus; la respiration et l'assimilation ne réapparaissent que lorsqu'on fournit à la plante une certaine quantité d'eau. Mais, cette quantité d'eau une fois fournie, il y a lieu de se demander, comme nous l'avons déjà fait remarquer, si les fonctions acquièrent de suite une intensité qui restera toujours à peu près la même, quel que soit le degré d'humidité de la plante, ou si, au contraire, à mesure que le rapport du poids frais au poids sec augmentera, ces fonctions continueront elles-mêmes à se modifier sensiblement. Dans ce dernier cas, qui est évidemment le plus probable, il importe de préciser la grandeur et le sens de ces modifications.

Nous envisagerons successivement à ce point de vue l'intensité des phénomènes respiratoire et assimilatoire, chez des Lichens à des degrés divers d'humidité.

1° Respiration. — Nos recherches ont porté sur le *Physcia ciliaris*, l'*Evernia prunastri*, le *Peltigera canina*, le *Cladonia rangiferina* et l'*Umbilicaria pustulata*.

Les Lichens sont d'abord tous plongés dans l'eau; on laisse ensuite chacun d'eux se dessécher pendant un temps plus ou moins long, de façon qu'ils contiennent, en définitive, des quan-

tités d'eau différentes. Le poids frais est déterminé au moment où on introduit la plante dans l'éprouvette; le poids sec est établi après l'expérience.

On compare alors entre elles les quantités d'oxygène qu'absorbent pendant un même temps, à poids sec égal, ces Lichens placés à l'obscurité, chacun avec une proportion d'eau différente.

Evernia prunastri. — Des *Evernia prunastri* ont été ainsi laissés quinze heures dans des éprouvettes à l'obscurité. Nous donnons dans les tableaux suivants les résultats obtenus. Le rapport du poids frais au poids sec est indiqué dans la première colonne. Les nombres des deuxième et troisième colonnes représentent, en centimètres cubes, les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé par 1 gramme (poids sec) du Lichen. Nous donnons, en outre, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ de l'acide carbonique exhalé à l'oxygène absorbé.

	QUANTITÉ D'EAU contenue dans 1 gramme de Lichen sec.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 1 gramme de Lichen.	ACIDE CARBONIQUE dégagé par 1 gramme de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
		c. c.	c. c.	
1re EXPÉRIENCE.	0,80	2,68	2,15	0,80
	1,66	5,02	4,02	0,80
2e EXPÉRIENCE.	0,85	2,82	2,29	0,81
	1,32	4,18	3,47	0,83
	1,44	4,23	3,47	0,82
3e EXPÉRIENCE.	0,20	0,00	0,00	»
	0,25	0,45	0,37	0,82
	0,70	2,78	2,38	0,85
	2,15	8,75	7,81	0,89
	2,50	8,40	7,49	0,89
4e EXPÉRIENCE.	0,36	6,67	5,33	0,80
	0,48	15,58	12,77	0,82
	2,13	37,13	29,71	0,80

On voit par l'examen de ces tableaux, que l'intensité de la respiration augmente avec la quantité d'eau que renferme le Lichen.

Mais on peut s'assurer, en outre, que cette augmentation n'a

pas lieu d'une façon régulière, proportionnellement à l'humidité de la plante.

Considérons, par exemple, la troisième expérience. Dans le second lot, 1 gramme de Lichen supposé sec contient 0 gr. 25 d'eau; dans le troisième, 1 gramme en contient 0 gr. 70. Le rapport $\frac{0,70}{0,25}$ des quantités d'eau que renferment ces deux lots est donc égal à 2,8. Or le rapport $\frac{2,78}{0,45}$ des quantités d'oxygène qu'ils absorbent est bien supérieur, puisqu'il est égal à 6,17.

Au contraire, si nous comparons le troisième et le quatrième lot, nous trouvons que, d'une part, le rapport $\frac{2,15}{0,70}$ des quantités d'eau contenue dans ces Lichens est égal à 3,7, et que, de l'autre, le rapport $\frac{8,40}{2,78}$ des quantités d'oxygène absorbé est égal à 3,2. Les deux rapports sont maintenant à peu près égaux.

D'une façon analogue, dans la quatrième expérience, entre le premier et le second lot, la différence des intensités respiratoires $\left(\frac{37,13}{15,58}=2,38\right)$ est sensiblement la même qu'entre le premier et le second $\left(\frac{15,58}{6,67}=2,33\right)$.

Et cependant la différence dans la teneur en eau est bien plus grande entre le second et le troisième lot (0,48 et 2,13) qu'entre le premier et le second (0,36 et 0,48).

Si l'on fait, en outre, attention que le rapport $\frac{2,43}{0,48}=4,43$ et que $\frac{0,48}{0,36}$ égale seulement 1,33, on voit que pour cette série d'expériences, comme pour la précédente, la conclusion est, en somme celle-ci :

Au-dessous d'un certain degré d'humidité, le rapport des intensités respiratoires de deux Lichens inégalement humides est plus grand que celui de leurs quantités d'eau; c'est le contraire, au-dessus de ce degré.

Cette conclusion va être confirmée et complétée par les recherches ci-dessous.

Umbilicaria pustulata. — Deux séries d'expériences faites avec cette autre espèce de Lichen nous ont donné les résultats suivants.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

	QUANTITÉ D'EAU contenue dans 1 gramme de Lichen sec.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 1 gramme de Lichen.	ACIDE CARBONIQUE dégagé par 1 gramme de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
		c. c.	c. c.	
1	0,53	0,91	0,77	0,87
2	0,98	1,73	1,46	0,84
3	1,57	6,25	5,44	0,87
4	1,74	4,85	4,13	0,85

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

	QUANTITÉ D'EAU contenue dans 1 gramme de Lichen sec.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 1 gramme de Lichen.	ACIDE CARBONIQUE dégagé par 1 gramme de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
		c. c.	c. c.	
1	0,80	1,31	1,05	0,80
2	1,28	3,25	2,80	0,86
3	1,44	3,92	3,18	0,80
4	1,87	3,10	2,64	0,85

Ces résultats sont analogues aux précédents. Si on examine la première expérience, par exemple, on constate que le rapport entre la quantité d'eau contenue dans le second Lichen et celle contenue dans le premier est égal à $\frac{0,98}{0,53}$ ou 1,84. Or, la différence d'intensité respiratoire de ces deux Lichens est exprimée par un rapport plus grand, puisqu'il est égal à $\frac{3,25}{1,31}$ ou 2,48.

La respiration n'a donc pas augmenté proportionnellement à l'humidité, mais plus rapidement que celle-ci.

De même, entre le troisième et le second Lichen :

1° Le rapport de l'humidité (1) est égal à $\frac{1,57}{0,98}$ ou 1,60.

2° Le rapport de l'oxygène absorbé est de $\frac{6,25}{1,73}$ ou 3,61.

A une différence relativement faible de l'humidité des deux Lichens, correspond encore une différence très grande de respiration.

Au contraire, si l'on compare le troisième et le quatrième Lichen, qui renferment tous deux une quantité d'eau très voisine du maximum, on trouve que le quatrième, quoique plus humide que le troisième, a respiré moins fortement.

Cette première expérience ne nous fournit toutefois pas de données sur les variations de la respiration, dans le cas où les *Umbilicaria* contiennent (pour 1 gramme de poids sec) des quantités d'eau comprises entre 0 gr. 98 et 1 gr. 57. Nous ne savons pas si, entre ces limites, la respiration a toujours augmenté dans des proportions bien plus grandes que l'humidité, ou si elle n'a augmenté ainsi que pendant un certain temps, pour ne plus s'élever ensuite que très lentement.

La seconde expérience vient, sur ce point, compléter la première :

1° Le rapport de l'humidité entre le second Lichen, contenant 1 gr. 28 d'eau, et le premier, qui en renferme 0 gr. 80, est égal à 1,60.

Le rapport de l'oxygène absorbé est alors de $\frac{3,25}{1,31}$ ou 2,48, c'est-à-dire bien plus grand.

2° Le rapport de l'humidité entre le troisième et le second Lichen est de $\frac{1,44}{1,28}$ ou 1,12.

Le rapport de l'oxygène absorbé est maintenant de $\frac{3,92}{3,25}$ ou 1,20, c'est-à-dire presque égal.

(1) Nous appellerons ainsi, pour faciliter les explications, le rapport des quantités d'eau contenues dans deux Lichens de même poids sec.

3° Le rapport de l'humidité entre le quatrième et le troisième Lichen égale 1,22.

La respiration du quatrième Lichen est ici plus faible que celle du troisième, qui est pourtant moins humide.

Rappelons que pour l'*Evernia prunastri*, dans la troisième expérience, nous avions trouvé de même une diminution de l'intensité respiratoire coïncidant avec le maximum d'humidité.

Cladonia rangiferina. — Quelques expériences ont été faites également sur le *Cladonia rangiferina*.

		QUANTITÉ D'EAU contenue dans 1 gramme de Lichen sec.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 1 gramme de Lichen.	ACIDE CARBONIQUE dégagé par 1 gramme de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
			c. c.	c. c.	
1re EXPÉRIENCE.	1	0,47	0,203	0,163	0,80
	2	0,64	0,726	0,580	0,80
	3	0,74	0,850	0,680	0,79
	4	1,18	1,280	1,031	0,80
2e EXPÉRIENCE.	1	0,42	0,301	0,241	0,80
	2	0,63	0,739	0,591	0,80
	3	1,20	1,086	0,868	0,80
	4	1,30	1,150	0,920	0,80

On remarquera ici encore que, dans la première expérience, à mesure que la quantité d'eau augmente :

1° Le rapport de l'humidité entre le second et le premier Lichen étant de 1,36, celui de l'absorption d'oxygène est de 3,5.

2° Le rapport de l'humidité entre le troisième et le second Lichen étant de 1,15, celui de l'absorption d'oxygène n'est plus que de 1,17.

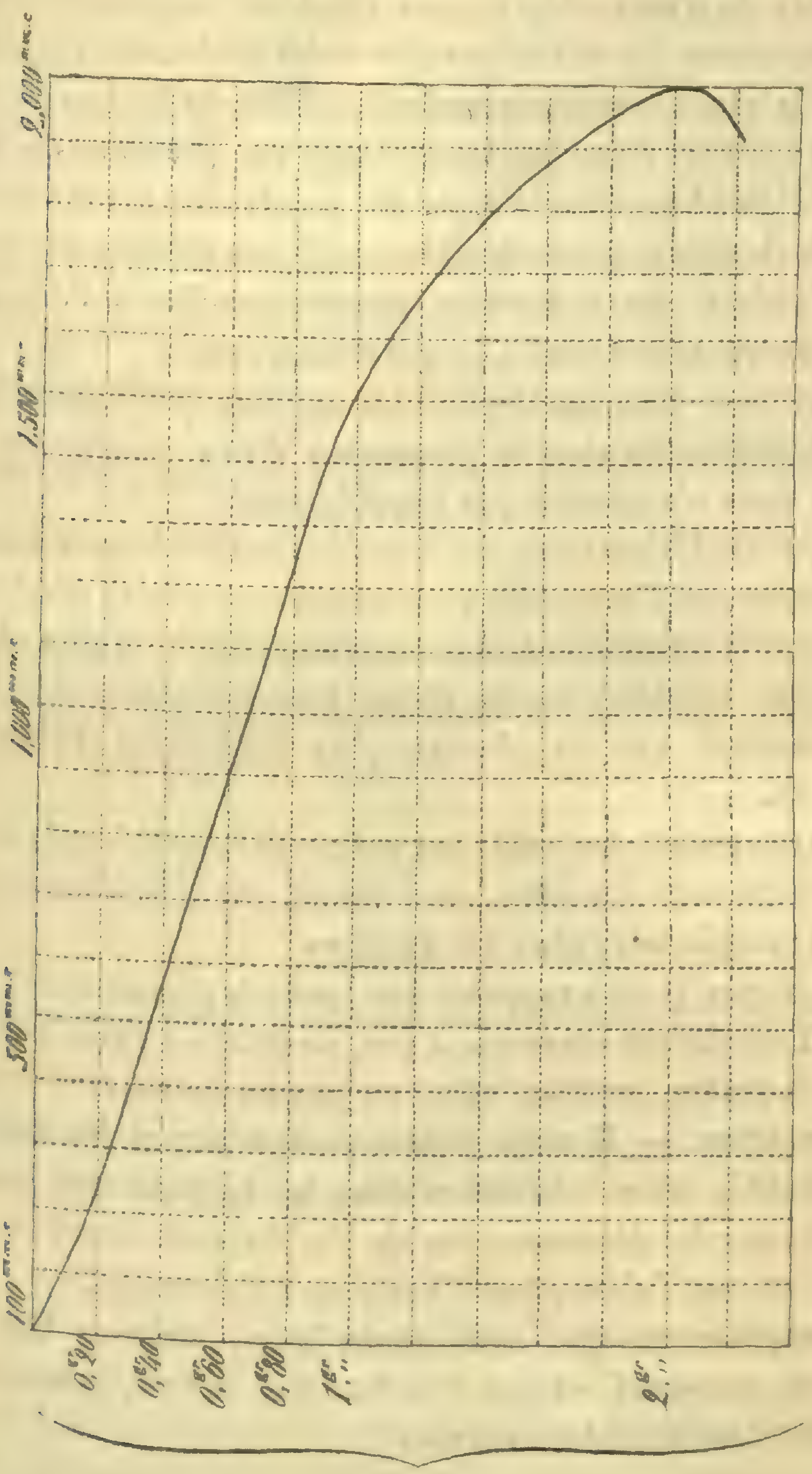
3° Le rapport de l'humidité entre le quatrième et le troisième Lichen étant de 1,59, celui de l'absorption d'oxygène est devenu 1,50.

De même, dans la deuxième expérience :

1° Le rapport de l'humidité entre le second et le premier Lichen est de 1,51, et celui de l'absorption d'oxygène est de 2,40.

2° Le rapport de l'humidité entre le troisième et le second Li-

chen étant de 1,90, celui de l'absorption d'oxygène n'est plus que 1,47.



3° Le rapport de l'humidité entre le quatrième et le troisième Lichen étant 1,08, celui de l'absorption d'oxygène est 1,05.

Si nous ajoutons que le *Physcia ciliaris*, le *Peltigera canina*,

le *Ramalina fraxinea* nous ont donné les mêmes résultats que les Lichens précédents, nous pouvons alors, pour donner une idée nette de l'ensemble de ces résultats, représenter par la courbe ci-contre les variations que subit l'intensité respiratoire suivant la plus ou moins grande humidité du Lichen.

Les quantités d'eau contenue dans un gramme de plante (poids sec) étant représentées par les points équidistants pris sur l'axe des abscisses, on construit la courbe en élevant, sur chacun de ces points, des ordonnées proportionnelles à l'absorption d'oxygène qui correspond à la quantité d'eau.

L'examen de cette courbe montre de suite que l'intensité respiratoire augmente avec la proportion d'eau contenue dans le Lichen, mais n'augmente pas régulièrement.

Lorsque les Lichens sont peu humides, un faible accroissement de la proportion d'eau suffit pour amener une forte accélération de l'intensité respiratoire. Au contraire, s'il y a déjà dans la plante une notable quantité d'eau, l'augmentation de l'humidité n'accélère que de plus en plus faiblement l'absorption d'oxygène.

Une trop grande humidité est même défavorable à la respiration. On constate en effet, en général, un affaiblissement de l'énergie respiratoire chez les Lichens.

A ce propos, il est à rappeler que, pour la germination, l'optimum d'humidité ne correspond pas, de même à l'état de saturation de la graine, mais est situé un peu au-dessous.

Assimilation. — Il nous reste à rechercher si les variations des quantités d'eau contenues dans les Lichens ont la même influence sur la décomposition de l'acide carbonique à la lumière, que sur l'absorption d'oxygène à l'obscurité.

Les expériences que nous avons faites, dans ce but, avec l'*Evernia prunastri*, exposé à la lumière diffuse, peuvent être résumées dans le tableau suivant :

		QUANTITÉ D'EAU contenue dans 1 gramme de Lichen.	VOLUME D'ACIDE CARBONIQUE décomposé par 1 gramme de Lichen.	VOLUME D'OXYGÈNE dégagé par 1 gramme de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
		gr.	c.c.	c.c.	
1re EXPÉRIENCE.	1	0,80	0,176	0,212	1,20
	2	1,66	1,746	2,077	1,19
2e EXPÉRIENCE.	1	0,25	0,080	0,100	1,25
	2	0,70	0,409	0.503	1,23
	3	2,15	1,585	2,012	1,27
	4	2,50	1,027	1,191	1,16
3e EXPÉRIENCE.	1	0,85	1,400	1,666	1,19
	2	1,32	2,215	2,547	1,15
	3	1,44	1,869	2,211	1,21

Avec le *Physcia ciliaris*, nous avons obtenu les nombres suivants :

	QUANTITÉ D'EAU contenue dans 1 gramme de Lichen.	VOLUME D'ACIDE CARBONIQUE décomposé par 1 gramme de Lichen.	VOLUME D'OXYGÈNE dégagé par 1 gramme de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
		c. c.	c.c.	
1	0,93	0,288	0,432	1,50
2	1,26	1,706	2,525	1,48
3	1,56	1,913	2,677	1,40
4	1,98	0,553	0,663	1,20

Il nous semble inutile de multiplier les exemples. Les tableaux précédents suffisent à prouver que les variations de l'assimilation avec l'humidité sont, en somme, les mêmes que les variations de la respiration.

Ainsi, dans cette dernière expérience faite avec le *Physcia ciliaris* :

1° Le rapport de l'humidité entre les deux premiers Lichens, étant de 1,35 le rapport de l'acide carbonique décomposé est de 5,93, c'est-à-dire bien plus grand.

2° Le rapport de l'humidité entre le troisième et le second Lichen étant de 1,23, le rapport de l'acide carbonique décomposé n'est plus, au contraire, que de 1,12, c'est-à-dire presque égal.

3° Enfin le quatrième Lichen qui renferme, à peu près, la plus grande quantité d'eau possible a une respiration moins énergique que le troisième, dont la teneur en eau est un peu plus éloignée du maximum.

Les expériences faites avec l'*Evernia prunastri* fournissent les mêmes résultats, comme on peut s'en assurer facilement par l'examen du premier tableau.

Les conclusions que nous avons énoncées précédemment pour la respiration s'appliquent, par suite, à l'ensemble des échanges gazeux; et la courbe qui représente les variations de la respiration suivant le degré d'humidité, représente également celles de l'assimilation.

3. — Résumé.

Si maintenant nous tenons compte, non seulement des données nouvelles que nous venons successivement d'acquérir au cours des recherches décrites dans ce chapitre, mais encore des quelques faits antérieurement établis, nous pouvons résumer ainsi qu'il suit nos connaissances actuelles sur la façon dont se comportent les Lichens en présence des conditions variables de sécheresse ou d'humidité du milieu.

Tandis que les végétaux supérieurs ne peuvent passer à l'état de repos qu'à des époques déterminées, et alors sous l'influence de causes qui paraissent surtout internes, les Lichens, comme beaucoup de Cryptogames inférieurs, peuvent toujours, au contraire, quel que soit le moment du développement où on les considère, se dessécher sans périr, sous l'influence des agents extérieurs et passer brusquement à l'état dit de *vie latente.*

Cela tient à ce que les Lichens n'ont jamais, contrairement à ce qui a lieu pour les végétaux supérieurs *d'eau de constitution.* Leur humidité se règle sur celle du substratum.

Chez les Lichens hétéromères, la proportion maxima d'eau que peuvent renfermer les tissus n'est, d'ailleurs, jamais bien grande, et toujours moindre que la proportion d'eau ordinaire des Champignons et des végétaux supérieurs. Le poids d'un

Lichen hétéromère saturé égale en effet, au plus, quatre fois son poids sec.

Les Lichens homœomères gélatineux ont, naturellement une proportion d'eau plus élevée ; et, pour cette raison même, il est bien évident que ces espèces ne se dessèchent pas aussi facilement ni aussi fréquemment que les précédentes. Ici encore pourtant, la dessiccation complète peut se produire sans entraîner la mort du végétal.

Aussitôt que, de nouveau, on fournit à toutes ces plantes ainsi desséchées la moindre quantité d'eau, la respiration et l'assimilation réapparaissent. L'intensité des échanges gazeux va alors en augmentant au fur et à mesure que l'humidité s'accroît.

Cette augmentation ne suit pas, toutefois, une marche régulière. Quand le Lichen ne renferme qu'une faible proportion d'eau, une augmentation légère de cette proportion suffit pour produire une accélération très grande de la respiration ou de l'assimilation. Au contraire, quand le Lichen est arrivé à un certain degré d'humidité, l'intensité de ces deux fonctions ne s'élève plus que faiblement, même pour une différence assez grande dans la proportion d'eau.

La plus grande intensité des échanges gazeux ne coïncide pas, au reste, exactement avec le maximum d'humidité de la plante. Les Lichens complètement imbibés d'eau ont, en général, des fonctions moins actives que ceux dont la proportion d'eau est un peu au-dessous du maximum.

Il y a ainsi pour l'intensité de l'assimilation et de la respiration, un optimum d'humidité, correspondant à une proportion d'eau voisine de la proportion maxima que le Lichen peut contenir, mais cependant sensiblement inférieure.

A l'état de vie latente, les Lichens subissent, comme les graines, une altération lente. Des échantillons soumis pendant plusieurs mois à une dessiccation constante ont, en effet, présenté un affaiblissement notable dans l'intensité de leurs échanges gazeux, lorsqu'au bout de ce temps, ils ont été, de nouveau, imbibés d'eau.

CHAPITRE III.

La vie des Lichens aux hautes températures.

La cellule végétale résiste d'autant mieux à l'action de la chaleur qu'elle renferme une moindre quantité d'eau. Des graines sèches de Blé, de Maïs, de Pois peuvent être maintenues à une température de 100° pendant un quart d'heure, ou à une température de 65° pendant une heure, sans perdre leur pouvoir germinatif. De même, d'après les expériences de M. Pasteur, des spores sèches de *Penicillium glaucum* ne sont pas tuées après un séjour d'une demi-heure dans une étuve chauffée à 120°. A l'état humide, ces graines ou ces spores meurent déjà, par contre, à des températures bien moins élevées.

Le degré de résistance de la cellule dépendant ainsi de la proportion d'eau, les végétaux inférieurs, tels que les Lichens, qui peuvent se dessécher rapidement et passer à l'état de vie latente devront, semble-t-il, supporter, par là même, comme les graines et les spores, des températures auxquelles ne survivent jamais les végétaux supérieurs, que leur eau de constitution (1) place toujours, sous ce rapport, dans des conditions défavorables.

C'est à établir d'une façon exacte cette limite de résistance du Lichen desséché, que sera consacré ce nouveau chapitre.

Nous devons tout d'abord faire remarquer qu'il y a entre le cas de la graine ou de la spore et celui du Lichen une différence essentielle : la graine ou la spore ne renferment pas de chlorophylle ; le Lichen, au contraire, est un organisme pourvu de

(1) L'eau a pour effet d'activer l'altération des différentes substances, en particulier la coagulation des matières albuminoïdes. — Voir à ce sujet : Claude Bernard : *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux plantes.* — Chevreul : *Mémoires du Muséum*, t. XIII. — Sachs : *Physiologie végétale.*

cellules vertes. Cette différence ajoute un certain intérêt à l'étude que nous voulons entreprendre.

La présence de la chlorophylle, substance éminemment altérable, peut en effet modifier les conditions de résistance (1) et abaisser la moyenne des températures extrêmes que supportent, d'autre part, lorsqu'ils sont incolores, le végétal ou l'organe à l'état de dessiccation.

Or nous n'avons actuellement sur ce point aucun renseignement précis. Tandis que beaucoup d'expériences ont été faites pour déterminer la résistance des organes incolores desséchés, tels que spores ou graines, tandis qu'on sait à peu près aussi jusqu'à quel degré de chaleur survivent en général les plantes vertes renfermant une certaine proportion d'eau de constitution, on n'a qu'une idée très imparfaite de la résistance que présentent les plantes vertes susceptibles de passer à l'état de vie latente.

Nous ne connaissons guère, comme expériences en ce sens, que celles de MM. Paul Bert et Bureau (2) sur le *Selaginella lepidophylla* et le *Ceterach officinarum*. Ces deux Cryptogames vasculaires sont revenus à la vie après avoir été soumis à une température de 60°. Mais MM. Bert et Bureau n'ont pas indiqué la période de temps pendant laquelle s'est exercée l'action de la chaleur. Dans les observations de ce genre, la durée est cependant, comme on le sait et comme nous aurons l'occasion de le voir plus loin à maintes reprises, le facteur important dont il faut, avant tout, tenir compte.

Avant de pouvoir, par l'exposé de nos recherches sur les Lichens, fournir des données plus précises à ce sujet, il nous faut décrire quelques résultats que nous avons également obtenus dans des expériences analogues faites sur les Phanérogames.

(1) Il est à remarquer que les végétaux inférieurs connus pour leur résistance particulière à la chaleur, même à l'état humide, sont surtout des végétaux incolores. Ce sont, pour la plupart, des Bactériacées ; et parmi les Nostocacées, les *Beggiatoa*, qui pullulent dans les sources chaudes jusqu'à 55°, sont également dépourvus de chlorophylle.

(2) Paul Bert et Bureau : *Note sur la reviviscence du Selaginella lepidophylla et du Ceterach officinarum* (Comptes rendus de la Société de biologie, 1868).

Nos connaissances actuelles en ce qui concerne la résistance des végétaux supérieurs sont en effet, elles-mêmes, sur quelques points incomplètes. Les expériences de Sachs (1) démontrent bien que, chez ces plantes pourvues d'eau de constitution, la chaleur maxima qui peut être supportée pendant un certain temps sans que la mort survienne est 45° environ. A 50°, le *Nicotiana rustica*, le *Zea Mays*, le *Tropæolum majus*, le *Brassica Napus*, le *Ceratophyllum demersum*, le *Cucurbita Pepo* meurent en quelques minutes. Mais quel est, au juste, ce temps, vraisemblablement limité, pendant lequel la température de 45° et les températures inférieures voisines n'ont pas d'action mortelle? Les expériences de Sachs ne nous l'apprennent pas.

Et c'est seulement lorsque nous serons fixés à cet égard que nous pourrons strictement établir la comparaison que nous voulons faire entre la résistance des Lichens susceptibles de passer à l'état de vie latente, et celle des végétaux supérieurs qui, pendant leur développement, ne supportent pas, au contraire, la desssiccation.

1. — Influence des hautes températures sur les végétaux supérieurs.

Nous examinerons successivement l'influence des températures de 35, 40 et 45 degrés. La persistance de la vie nous sera indiquée par la persistance et la nature des échanges gazeux.

Expériences faites a 35°. — Les plantes qui nous ont servi de sujets d'expérience sont le *Cocos Weddeliana*, le *Begonia tuberosa* et le *Picea excelsa*.

La première avait passé l'hiver en serre chaude, la seconde en serre tempérée ; le *Picea excelsa*, d'environ trois ans, était en pot depuis un an.

Ces trois plantes, bien vertes et vigoureuses, ont été portées, avec leurs pots, à l'étuve à 35°.

Au bout de trois jours, une feuille de chacune de ces plantes

(1) Sachs : *Ueber die obere Temperaturgrenze der Vegetation* (Flora, 1864).

a été coupée, et plongée quelque temps dans l'eau où elle a repris à peu près sa fraîcheur normale.

Mises à assimiler au soleil, ces différentes feuilles ont ainsi modifié en trois heures l'atmosphère des éprouvettes qui les renfermaient :

1° Le *Cocos Weddeliana*, dont le rapport du poids frais au poids sec déterminé après l'expérience égalait, au sortir de l'étuve, 1,69, a décomposé 1,21 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 1,70 p. 100 d'oxygène.

2° Le *Begonia tuberosa*, dont le rapport du poids frais au poids sec était devenu 6,09, a décomposé 0,90 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 1^{cc},360 d'oxygène.

3° Le *Picea excelsa*, dont le poids frais égalait deux fois le poids sec au sortir de l'étuve, a décomposé 2,09 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 2,49 d'oxygène.

Toutes ces plantes ont donc encore assimilé après être restées trois jours à 35°. D'ailleurs, remises au dehors, elles ont continué à vivre ; et de nouvelles feuilles se sont développées.

Un séjour, même très prolongé, à 35° est ainsi sans influence sur la vie de ces plantes.

Expériences a 40°. — Des expériences analogues ont été refaites à 40°. Les plantes ont, comme précédemment, été mises avec leurs pots à l'étuve.

1° Pour le *Cocos Weddeliana*, au bout d'un jour le rapport du poids frais au poids sec était de 2,27. En quatre heures, au soleil, après que la feuille plongée dans l'eau a repris sa fraîcheur, nous n'avons pu constater aucun changement sensible dans la composition de l'atmosphère. L'assimilation est, par suite, déjà affaiblie, et contre-balancée par la respiration.

Après deux jours à l'étuve, la plante est à peu près desséchée. Le rapport du poids frais au poids sec est de 1,16.

Une de ses feuilles, après avoir été mouillée, a été mise dans une éprouvette.

Même au soleil, elle a présenté une absorption d'oxygène et un rejet d'acide carbonique.

Fait identique s'est produit pour la plante laissée trois jours à

l'étuve. Remise dans la serre chaude, après avoir été arrosée, cette plante s'est flétrie et est morte.

2° *Pelargonium zonale.* — Le *Pelargonium zonale* s'est comporté un peu différemment.

Après un séjour de vingt-quatre heures à l'étuve, le rapport du poids frais au poids sec étant de 1,44, les feuilles ont encore, au soleil, décomposé 3,94 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 4 p. 100 d'oxygène. En d'autres termes, la fonction assimilatrice n'a pas disparu.

Mais, au bout de deux jours, le rapport du poids frais au poids sec n'étant plus que 3,95, la feuille préalablement mouillée, a, quoique exposée aux rayons directs, absorbé de l'oxygène et dégagé de l'acide carbonique.

La plante en pot est morte complètement peu après.

3° *Picea excelsa.* — Après vingt-quatre heures à l'étuve, le poids frais égale deux fois le poids sec. Un rameau, plongé quelque temps dans l'eau, a décomposé au soleil une certaine quantité d'acide carbonique.

Après trois jours, le rapport du poids frais au poids sec est de 1,50. Au soleil, il y a à peu près balancement entre l'assimilation et la respiration, on constate seulement une très faible diminution d'acide carbonique dans l'éprouvette.

Cependant l'Épicea, remis au dehors, ne tarde pas, comme les deux autres. à se flétrir et à mourir.

Toutes ces plantes n'ont donc supporté que pendant un temps très limité un séjour de 40°. Les deux premières ne l'ont guère supporté que vingt-quatre heures ; l'Épicea a résisté un peu plus, mais est mort également après être resté trois jours à cette température.

Expériences a 45°. — Les mêmes espèces de plantes ont été mises ensuite douze heures à 45°.

Au bout de ce temps, les feuilles étaient devenues jaunes et tombaient. Comme on pouvait s'y attendre, elles n'ont pas modifié la composition de l'air des éprouvettes dans lesquelles on les a placées à l'obscurité. Il n'y a donc même plus, comme précédemment, persistance de la respiration.

Le résultat bien net de ces différentes expériences c'est que si les végétaux supérieurs supportent, comme l'a montré Sachs, la température de 45°, ils ne la supportent du moins que pendant quelques heures. Un séjour de vingt-quatre heures à cette température suffit pour les tuer.

Il est vrai que, la question sortant un peu de notre sujet, nous n'avons opéré que sur un petit nombre d'espèces, mais les expériences déjà faites par d'autres auteurs montrent qu'à quelques exceptions près les conditions de température nuisibles aux végétaux supérieurs sont à peu près les mêmes pour tous.

En résumé, la chaleur la plus élevée à laquelle puisse résister pendant un temps prolongé (au moins trois jours) une plante supérieure renfermant à l'état normal une proportion déterminée d'eau, semble être environ 35°.

La température de 40° n'est supportée que pendant un temps limité, deux ou trois jours, quelquefois moins. Enfin à 45° un séjour de vingt-quatre heures est mortel. L'assimilation disparaît d'abord, puis la respiration s'affaiblit, et la plante meurt.

Ces résultats, joints à ceux de Sachs pour les températures de 50°, nous fournissant des points de comparaison précis, nous étudierons maintenant les mêmes phénomènes chez les Lichens, et, incidemment, chez quelques autres Cryptogames cellulaires.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

SUR

LES BACTÉRIES ET LES FERMENTATIONS

PUBLIÉS PENDANT L'ANNÉE 1890 *(Fin.)*

M. Miquel (1) a étudié une autre diastase qui, d'après la nomenclature introduite par M. Duclaux, doit s'appeler l'*uréase;* cette diastase est sécrétée par les bactéries qui produisent la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque. Il cultive un bacille-ferment de l'urée en bouillon peptonisé additionné de 2 à 3 grammes de carbonate d'ammoniaque par litre et stérilisé par filtration à froid. Dans cette culture sans urée, l'uréase s'accumule en quantité suffisante pour transformer en carbonate d'ammoniaque, en moins d'une heure, 60 à 80 grammes d'urée.

Cette diastase est beaucoup plus délicate que les autres diastases connues. Dès la température de 50°, au contact de l'air, elle s'altère, et elle est détruite en trois ou quatre heures. Elle est totalement détruite par une exposition de quelques minutes à 75°. Mais elle est assez stable à froid : à une température voisine de zéro, elle peut se conserver plusieurs semaines.

M. Miquel a cultivé une quarantaine d'espèces capables de transformer l'urée en carbonate d'ammoniaque ; toutes, cultivées en bouillon dépourvu d'urée, sécrètent la même diastase. Il en conclut que c'est toujours par l'action de cette diastase que l'urée est transformée en carbonate d'ammoniaque, par exemple dans la fermentation alcaline de l'urine. Comme application, M. Miquel offre aux chimistes une bonne méthode de dosage de l'urée. Il suffit de traiter à 50°, en vase presque plein et bien fermé, le liquide contenant de l'urée, par son volume de bouillon chargé d'uréase, pour obtenir la transformation totale de l'urée en deux heures ; deux dosages alcalimétriques, effectués l'un avant, l'autre après ce traitement, font connaître la quantité d'ammoniaque qui s'est produite, et par suite la quantité d'urée qui était présente.

Comment se conservent dans la nature, pendant le temps où elles n'ont pas à leur disposition le milieu le plus favorable à leur développement, les levures qui font fermenter le jus des fruits sucrés, c'est là un problème qui

(1) Miquel : *Ferments de l'urée* (Comptes rendus, CXI, p. 397 et 501).

est loin d'être résolu d'une manière générale. En 1883, à la suite d'expériences dans lesquelles j'avais trouvé très fréquemment plusieurs espèces de levure dans des fleurs nectarifères et sur le corps des insectes, j'ai émis l'idée qu'on pourrait expliquer la conservation des ferments alcooliques en admettant qu'après avoir vécu sur les fruits mûrs entamés par les insectes ou les oiseaux, leur milieu de culture par excellence, ils se conservent en partie sur les débris de fruits qui subsistent, et en partie dans la terre; que dès le commencement du printemps les germes restés vivants sont portés par les insectes sur les fleurs où ils se rajeunissent, qu'ils sont ensuite cultivés de fleurs en fleurs toujours par l'intermédiaire des insectes, et qu'enfin ils arrivent, par le même moyen, sur les fruits (1). « Cette conception, ajoutais-je, est justifiée par l'expérience en ce qui concerne plusieurs espèces de levure, malheureusement les moins intéressantes au point de vue des applications. Par analogie, je l'étends aux espèces qui produisent les fermentations naturelles utilisées par l'homme, espèces qui ne devraient leur prédominance dans les moûts de fruits qu'à une plus grande puissance de prolifération dans ces milieux. »

Dans un mémoire sur les levures du vin (*Comptes rendus*, 1890, t. CX, p. 536), M. Rommier déclare que le *Saccharomyces apiculatus* apparaît au printemps sur les fleurs nectarifères, est disséminé par les insectes sur les fruits, et est rapporté par eux sur les rayons des mouches à miel, où il passe l'hiver.

Je suis loin d'être responsable de ces assertions, car on voit dans mon mémoire, d'une part, que le *S. apiculatus* est une des levures que je n'ai pas rencontrées une seule fois sur les fleurs, et d'autre part que je n'ai trouvé aucune espèce de levure dans du miel pris à l'intérieur des rayons.

M. Hansen, de Copenhague (2), auteur de plusieurs mémoires importants sur la levure apiculée, réfute les assertions de M. Rommier.

Pour lui cette levure n'a que deux habitats normaux, les fruits mûrs, doux et juteux, et la terre. Tout autre serait accidentel.

M. Hansen a répété mes expériences sur les fleurs nectarifères en ne recherchant que le *S. apiculatus*. Dans le cours des quatre premiers mois de l'année, il n'a pas trouvé cette levure dans les fleurs, tandis qu'il y en avait toujours dans la terre, sous les arbres et les arbustes dont elle avait peuplé les fruits l'été précédent. Elle ne se montra qu'en mai, et seulement dans deux cultures sur dix-huit faites avec des fleurs de Cerisier ou de Fraisier. Leur présence y était accidentelle, car les cultures analogues faites en juin avec des fleurs n'en renfermaient pas. En juillet et en août il y en avait très souvent dans les fleurs, mais on en rencontrait en même temps sur les branches, les feuilles et ailleurs, ainsi que dans les poussières de l'air, surtout dans le jardin. Elle devint ensuite de plus en plus rare dans les fleurs, et pendant les trois derniers mois de l'année, elle ne fut plus trouvée que dans son habitat normal d'hiver, la terre.

(1) Léon Boutroux : *Sur la conservation des ferments alcooliques dans la nature* (Ann. des Sc. nat., 6e série. Bot., t. XVII, 144).

(2) Emil-Chr. Hansen : *Nouvelles recherches sur la circulation du Saccharomyces apiculatus dans la nature* (Ann. des Sc. nat. Bot., t. XI, p. 185, 1890).

M. Hansen a cherché, au printemps, si cette levure pouvait aussi passer l'hiver chez les mouches, les abeilles et les bourdons, et n'en a trouvé trace ni dans leurs poils ni dans leurs demeures. Des recherches faites sur la bouse de vache et le crottin de cheval dans les différentes saisons de l'année n'en ont pas fait trouver non plus une seule fois, contrairement à l'opinion de Brefeld, qui regarde les excréments des animaux, notamment des herbivores, comme l'habitat par excellence des cellules de levure.

A toutes ces expériences négatives, M. Hansen en ajoute de positives, qui prouvent que réellement la levure apiculée se conserve dans la terre.

Des pots à fleurs, remplis de terre végétale naturelle ensemencée avec de la levure apiculée pure, sont enterrés dans un endroit du jardin où la terre ne contient pas de cette levure; au bout d'un an des cellules vivantes de la même levure sont retrouvées dans ces pots. On pourrait craindre que la levure trouvée n'ait été introduite tardivement du dehors, au lieu de provenir de la semence déposée au début. Pour rendre impossible cette cause d'erreur, M. Hansen enferme de la terre dans des bougies filtrantes du filtre Chamberland, la stérilise, l'ensemence avec de la levure apiculée pure et lavée, ferme les bougies et les enterre verticalement dans le jardin. Au bout de trois ans il retrouve de la levure apiculée vivante dans toutes les bougies.

Ainsi la levure apiculée peut véritablement se conserver pendant plus d'un an dans la terre.

De toutes ces expériences M. Hansen conclut que les fleurs nectarifères ne servent pas de stations intermédiaires au *S. apiculatus*, et que la terre en est l'unique habitat normal en dehors des fruits mûrs, doux et juteux.

A vrai dire, les expériences de M. Hansen ne prouvent pas que les insectes ne jouent aucun rôle dans le transport de la levure apiculée sur les fruits; pour expliquer le passage de la terre aux fruits, et d'un fruit à un autre, il manque un intermédiaire; le vent ne suffit pas. En fait, j'ai trouvé de la levure apiculée sur une abeille et sur une guêpe; j'ai observé aussi que dès que le raisin a été entamé par des oiseaux ou des frelons, il est visité par de nombreux insectes, notamment par des guêpes et des abeilles, et comme, d'après mes expériences, les grains de raisin entamés sont seuls riches en levure, particulièrement en levure apiculée, il me paraît légitime d'ajouter aux habitats normaux indiqués par M. Hansen, le corps des insectes, non comme lieu de multiplication, mais comme important moyen de dissémination. Quant aux fleurs, il peut se faire qu'elles servent de stations intermédiaires pour certaines espèces de levure, et non pour d'autres.

III. Voici maintenant des recherches faites en vue de découvrir des microorganismes particuliers comme agents producteurs de divers phénomènes naturels.

La grande question de la circulation de l'azote dans la nature s'élucide de plus en plus depuis qu'on se préoccupe de la part que peuvent prendre les microorganismes dans la synthèse et la transformation des matières azotées.

De tout temps les agriculteurs ont été frap és de l'influence améliorante

exercée sur le sol par la culture des Légumineuses : c'est un fait d'observation ancienne que ces plantes enrichissent le sol en matière azotée. Mais à quelle source empruntent-elles l'azote qu'elles laissent au sol à l'état de combinaison utilisable ? A l'air. Il est démontré maintenant que l'azote gazeux de l'atmosphère est fixé par les Légumineuses, avec le concours de certains microorganismes dont l'action est corrélative du développement de nodosités sur les racines. MM. Hellriegel et Willfarth l'ont prouvé par une méthode indirecte fondée sur la seule analyse des sols, des graines et des plantes. MM. Schlœsing fils et Laurent (1) ont confirmé cette démonstration par la méthode directe, c'est-à-dire par la culture de Légumineuses en présence d'une atmosphère confinée, et le dosage de l'azote gazeux avant et après culture.

Un sol stérilisé reçoit trois graines de Pois nain et de l'eau pure où l'on a broyé des nodosités fraîches de Pois et de Fèves de pleine terre. Un dispositif convenable permet de modifier à volonté la composition de l'atmosphère gazeuse de manière à fournir de temps en temps le supplément d'acide carbonique indispensable et à éliminer l'excès d'oxygène produit par la fonction chlorophyllienne. La végétation a duré près de trois mois. Les Pois ont fleuri, mais n'ont pas fructifié. Leurs racines portent de nombreuses nodosités. La comparaison des poids de l'azote fourni au début et de l'azote restant à la fin montre que l'atmosphère a perdu $36^{mgr},5$ d'azote. D'autre part la méthode indirecte (analyse du sol et des graines, puis l'analyse du sol des plantes) indique un poids d'azote fixé égal à $40^{mgr},6$, nombre qui confirme l'exactitude du précédent malgré un léger écart dû aux erreurs expérimentales inévitables. La méthode indirecte, appliquée à une culture de Pois faite dans les mêmes conditions, sauf qu'on n'y avait pas semé le microbe des nodosités, a indiqué un gain d'azote nul. La démonstration est ainsi complète.

Le rôle des microbes des nodosités étant prouvé, M. Laurent étudie ces microbes eux-mêmes (2).

D'abord les nodosités sont bien produites par des parasites, car des Pois, cultivés à l'abri de tout germe étranger, n'en présentent pas ; mais dans de telles cultures de Pois les nodosités sont inoculables de racine à racine.

Si l'on examine les nodosités au microscope, on y voit des corpuscules bactériformes rectilignes, courbés, quelquefois en Y ou en T, quelquefois à ramifications plus compliquées. M. Laurent a obtenu des cultures florissantes de ces corpuscules en semant, à l'abri de tout germe étranger, un peu de substance d'une nodosité sur des bouillons, gélatinisés ou non, de Pois ou de Lupin. Dans les milieux liquides, il se forme, au fond du vase, un dépôt visqueux qui montre au microscope les formes en Y ou en T, ou autres, rencontrées dans les nodosités. L'auteur a obtenu des cultures de ces mêmes microbes en milieu minéral formé de phosphate de potasse, sulfate de magnésie et un peu de sucre.

(1) Schlœsing fils et Em. Laurent : *Sur la fixation de l'azote gazeux par les Légumineuses* (Comptes rendus, CXI, 750).

(2) Em. Laurent : *Sur le microbe des nodosités des Légumineuses* (Comptes rendus, CXI, 754).

Quelle est la place de ces corpuscules parmi les microorganismes? Ils rappellent les bactéries ; mais au lieu de se développer par division transversale, ils se ramifient par une sorte de bourgeonnement dichotomique, qui aboutit à la production des formes en Y et en T caractéristiques. M. Laurent rapproche cet organisme du *Pasteuria ramosa* de M. Metchnikoff (voir *Revue Générale de Botanique*, t. I, p. 663). Il considère ce dernier microbe et l'organisme des nodosités des Légumineuses comme constituant un groupe distinct, intermédiaire entre les bactéries et les champignons filamenteux inférieurs, pour lequel il propose le nom de *Pasteuriacées*.

L'azote, une fois emmagasiné dans le sol à l'état organique, a besoin, pour servir d'aliment aux plantes, d'être amené à une forme minérale. Il commence souvent par passer à l'état d'ammoniaque comme le montre M. Muntz (1); cette transformation peut quelquefois se produire sans intervention microbienne, par une action purement chimique, mais généralement, c'est par fermentation qu'elle a lieu. En effet, M. Muntz stérilise des terres à 120° : la production de l'ammoniaque y est généralement arrêtée; elle reparaît par l'ensemencement avec une parcelle de terre non stérilisée.

A l'état d'ammoniaque, l'azote n'est pas encore assimilable : c'est ordinairement, sinon exclusivement à l'état de nitrate que les végétaux l'absorbent. MM. Schlœsing et Muntz ont depuis longtemps démontré que dans le sol, ce sont des microorganismes qui sont chargés d'effectuer la transformation de l'azote organique en nitrates, mais ils n'ont pas isolé ces agents. M. Winogradsky a repris ce problème (2). Bien des savants ont déjà tenté de le résoudre. Les uns trouvèrent que le pouvoir nitrifiant appartient à beaucoup d'espèces banales; mais ils n'obtenaient qu'une nitrification insignifiante, manifestée seulement par l'emploi des réactifs les plus sensibles. Or l'atmosphère contient constamment de l'acide nitreux et de l'acide nitrique. A elle seule, la combustion du gaz en répand dans l'air des quantités suffisantes pour expliquer les effets obtenus. D'autres, cherchant à séparer les microbes présents dans un liquide ammoniacal devenu, après ensemencement avec de la terre, le siège d'une nitrification intense, n'en trouvèrent pas un qui eût le pouvoir nitrifiant. C'est qu'ils employaient, comme procédé de séparation, la culture en milieux gélatinisés, procédé qui, loin de permettre l'isolement de tout microbe, est au contraire propre à exclure complètement bon nombre d'espèces.

M. Winogradsky a commencé par chercher le milieu le plus favorable possible à la culture des organismes nitrifiants. De nombreux essais lui ont révélé ce fait inattendu, que toute matière organique, introduite dans le milieu, entrave la nitrification, et le milieu qui lui a donné les meilleurs résultats était composé de sulfate d'ammoniaque, phosphate de potasse et

(1) Muntz : *Sur la décomposition des engrais organiques dans le sol* (Comptes rendus, CX, 1206, 1890).

(2) S. Winogradsky : *Recherches sur les organismes de la nitrification* (Ann. Inst. Pasteur, 1890, p. 213-257-760).

carbonate de chaux (1 gramme de chaque sel dans 1 litre d'eau distillée), les sels ayant été privés de toute trace de matière organique par une purification parfaite. Un milieu si défectueux pour les microorganismes ordinaires ne pouvait pas permettre la multiplication de nombreuses espèces. Aussi après plusieurs cultures dans ce liquide, dans lequel la nitrification avait toujours lieu énergiquement, ne resta-t-il plus que deux organismes, un champignon bourgeonnant cultivable sur gélatine, mais non nitrifiant, et une bactérie ovale, localisée dans le dépôt de carbonate de chaux du fond du vase, non cultivable sur gélatine. Par exclusion, il devenait certain que cette bactérie était le ferment nitrifiant. On se servit alors de la gélatine pour isoler le microbe nitrifiant par la méthode ordinaire renversée : les grumeaux du fond étaient dilués dans l'eau distillée; des gouttes de la dilution étaient déposées sur des couches de gélatine nutritive solidifiée ; celles qui ne produisaient pas de colonies étaient les bonnes ; elles restaient visibles par quelques cristaux de carbonate de chaux qu'elles avaient entraînés. On enlevait (sous le microscope) quelques-uns de ces cristaux et on les semait dans le milieu liquide nitrifiable : il y eut culture, et nitrification. Le microbe nitrifiant était isolé.

M. Winogradsky étudie ce microbe; ce sont des cellules peu allongées, dont le petit diamètre, à peu près constant, ne dépasse pas 0,9 à 1,0 μ, tandis que la longueur varie entre 1,1 et 1,8 μ. Les cellules, la plupart du temps immobiles, entrent quelquefois en mouvement, mais pour peu de temps. Le nom de bacille ne conviendrait pas à un organisme de forme si peu allongée ; l'auteur l'appelle *nitromonade*.

La nitromonade nitrifie aussi activement que le fait la terre dans les expériences de M. Schlœsing, pourvu qu'on ne laisse à aucun moment l'ammoniaque exister en proportion notable dans la liqueur ; le sulfate d'ammoniaque est ajouté par petites portions à mesure que la portion précédente a été nitrifiée.

Mais il est à remarquer que dans les expériences de M. Winogradsky l'ammoniaque est transformée presque uniquement en acide nitreux ; il ne se forme qu'une trace d'acide nitrique ; c'est donc le nom de *ferment nitreux* qui convient à la nitromonade.

Sa propriété physiologique la plus remarquable, déjà signalée, est de se passer d'aliments organiques. Elle peut croître normalement, se multiplier indéfiniment et exercer son action dans un milieu privé des dernières traces de carbone organique. Il faut alors que sa substance se forme aux dépens du carbone des carbonates. C'est ce que l'auteur vérifie en dosant le carbone assimilé, défalcation faite du carbone organique contenu d'avance dans le milieu, quand celui-ci en contenait. Il est donc prouvé que la nitromonade, organisme incolore, possède la faculté d'assimiler le carbone de l'acide carbonique.

Cette synthèse se distingue de l'action chlorophyllienne en ce qu'il n'y a pas dégagement corrélatif d'oxygène, soit libre, soit employé à nitrifier l'ammoniaque : en effet, d'une part la nitrification est impossible à l'abri de l'air, d'autre part des expériences de M. Schlœsing ont montré que pendant la nitrification la quantité d'oxygène libre absorbée est plus que suffi-

sante pour la formation de l'acide nitrique produit. Il y a donc consommation d'oxygène libre. D'ailleurs les rayons solaires ne sont pas nécessaires, car ces expériences de nitrification étaient faites à l'obscurité. Un fait d'une importance capitale se trouve ainsi établi : c'est qu'une synthèse totale de la matière organique par l'action d'êtres vivants peut s'accomplir sur notre planète indépendamment des rayons solaires.

La nitromonade est un type physiologique à part : tandis que les phénomènes de destruction tiennent la première place dans la vie des autres microbes, ils se réduisent pour elle à un minimum peu appréciable, et les phénomènes de synthèse prédominent dans son activité vitale. Les phénomènes de destruction sont remplacés chez elle par une action oxydante spécialement adaptée à l'oxydation de l'ammoniaque qui lui fournit toute l'énergie nécessaire au travail de sa vie.

Ces propriétés exceptionnelles permettent d'attribuer à la nitromonade une part d'influence considérable dans la transformation des roches en terre végétale, comme le fait remarquer M. Muntz (1).

Ce savant a trouvé d'une façon constante l'organisme nitrifiant, non seulement dans les roches basses recouvertes de terre végétale, mais sur les hautes montagnes, dans les roches dénudées où les végétaux supérieurs ne peuvent plus vivre. En prélevant avec pureté des particules rocheuses, les recueillant dans des tubes stérilisés et les semant dans des milieux appropriés, il obtenait la nitrification. Les roches dénudées des Alpes, des Pyrénées, de l'Auvergne, des Vosges, comprenant les types minéralogiques les plus variés : granits, porphyres, gneiss, micaschistes, roches volcaniques, calcaires, grès, se sont ainsi montrées recouvertes de ferment nitrifiant. Souvent l'action des microorganismes n'est pas limitée à la surface, elle s'étend dans la profondeur de la masse rocheuse. C'est ainsi que le Faulhorn (Pic pourri) dans les Alpes de l'Oberland bernois, constitué par un calcaire schisteux noir et friable en voie d'émiettement, est envahi dans toute sa masse par le ferment nitrifiant.

La seule présence de cet organisme dans les roches permet de lui assigner un rôle important dans leur décomposition. Grâce à sa faculté d'effectuer des synthèses organiques aux dépens du carbone de l'acide carbonique, il fait naître de l'humus là où il n'y avait que substance minérale. La faible intensité de ces phénomènes semblerait peut-être une raison pour les regarder comme négligeables, mais leur continuité et leur généralité doivent au contraire les faire classer parmi les causes géologiques auxquelles l'écorce terrestre doit sa physionomie actuelle.

Si l'oxydation de l'ammoniaque n'est accomplie que par un organisme particulier, la réduction des nitrates en nitrites est au contraire au pouvoir d'un grand nombre de végétaux, comme le montre M. Laurent (2).

Beaucoup d'espèces bactériennes possèdent cette faculté, laquelle est liée

(1) A. Muntz : *Sur la décomposition des roches et la formation de la terre arable* (Comptes rendus, CX, p. 1370).

(2) Em. Laurent : *Expériences sur la réduction des nitrates par les végétaux* (Ann. Inst. Pasteur, 1890, p. 722).

à la vie sans air. Ainsi une espèce qui, cultivée en matras plein de liquide, réduit les nitrates, cesse de les réduire si on la cultive en mince couche exposée à l'air.

Beaucoup d'organismes inférieurs, Algues, Champignons, ont, à des degrés différents, le même pouvoir. La levure le possède faiblement, et le manifeste surtout quand elle est cultivée dans un milieu pauvre en sucre fermentescible.

Enfin divers organes de beaucoup de végétaux supérieurs peuvent aussi réduire les nitrates. Des graines de Maïs, de Lupin blanc, de Pois, en état de germination, immergées dans une solution de nitrate, la réduisent. Ici encore le phénomène est lié à la vie sans air : il faut d'abord qu'il y ait activité vitale : en effet les graines non germées ou les graines germées, mais tuées ou paralysées par des substances toxiques (éther, chloroforme), ne réduisent pas. Il faut de plus qu'il y ait vie sans air : en effet si la graine germée, au lieu d'être immergée, est mise en contact avec une dissolution de nitrate en couche mince qui laisse toute la graine exposée à l'air, la réduction ne se produit pas. L'activité réductrice est au contraire augmentée dans le vide ou dans une atmosphère d'hydrogène.

Divers tubercules (Pomme de terre, Navet, Topinambour, Radis), ont aussi ce pouvoir, mais sans lien avec l'activité vitale ; ainsi avec la Pomme de terre, la propriété réductrice est augmentée par la présence de l'éther ou du chloroforme. Ces organes contiennent donc une substance réductrice par elle-même. D'ailleurs certains sucs végétaux (suc de racines de Féveroles, suc de Cerises blanches) réduisent également les nitrates.

On voit qu'il n'y a rien de spécifique dans le pouvoir de transformer les nitrates en nitrites. Ce n'est pas non plus une propriété générale des tissus végétaux, car M. Laurent a observé l'absence du pouvoir réducteur dans beaucoup d'espèces végétales : ainsi dans les conditions où les tubercules de Pomme de terre ou de Navet réduisaient, ceux de Carotte ne réduisaient pas.

Certains arbres sont sujets à une maladie (1) observée d'abord sur un Chêne par le professeur Ludwig : il sortait de l'écorce une écume blanche, puis un liquide mucilagineux blanchâtre, devenant ensuite jaunâtre et gélatineux. Cette maladie fut observée ensuite sur des Trembles, des Érables et des Bouleaux. Le liquide qui s'écoule est en fermentation. Dans ce liquide Ludwig signale la présence de plusieurs organismes, particulièrement d'un champignon qu'il appelle *Endomyces Magnusii*, et d'une levure qu'il regarde comme engendrée par ledit champignon. C'est ce champignon que Ludwig donne pour l'auteur de la fermentation. M. Hansen étudie au point de vue critique les résultats énoncés par M. Ludwig.

Il remarque d'abord que l'observation seule est insuffisante pour faire connaître la cause de la fermentation. Des expériences d'inoculation de cultures pures dans des arbres vivants seraient indispensables ; elles n'ont pas été faites.

(1) Emil-Chr. Hansen : *Ueber die in dem Schleimflusse lebender Bäume beobachteten Mikroorganismen* (Zeitschr. f. Bakteriologie und Parasitenkunde, 1889).

Il examine ensuite ce qu'il faut penser des transformations attribuées par Ludwig à l'*Endomyces Magnusii*. Pour Ludwig ce champignon présente, dans le cycle de son développement, trois formes : la forme *Oidium*, la forme *Endomyces* et la forme *Saccharomyces*. M. Hansen part d'une culture pure, issue d'une seule cellule de la forme Oïdium. Sur du moût de bière gélatinisé il obtient un développement rapide. La plus grande partie de la plante est en chaînes de conidies qui se séparent facilement les unes des autres. Semées dans du moût de bière ou de l'eau de levure glucosée, ces conidies produisent une fermentation qui engendre un peu d'alcool et un peu d'éther. Elles intervertissent le saccharose, mais ne modifient pas le lactose, la dextrine ou l'amidon.

On a varié les milieux de cultures de toutes les manières usitées : milieux liquides, milieux gélatinisés divers, pain additionné ou non de solutions nutritives, blocs de plâtre. Aucune forme nouvelle de développement ne s'est produite.

M. Hansen sème de même une cellule unique de la levure trouvée, avec l'Oïdium, dans l'écoulement mucilagineux d'un Chêne. Cette levure répond exactement à la description donnée par Ludwig; elle doit donc être la même. Or les tentatives faites comme ci-dessus par des cultures en milieux encore plus variés, n'ont jamais donné ni la forme Oïdium ni aucune autre forme de moisissure. Dans les milieux glucosés, la fermentation produisait de l'alcool non mêlé d'éther. Par conséquent la filiation admise par Ludwig n'est pas démontrée.

L'auteur énumère ensuite divers autres microorganismes trouvés dans les mêmes exsudats pathologiques des arbres, notamment une moisissure rappelant le *Monilia candida* (*Comptes rendus des travaux du Laboratoire de Carlsberg*, vol. II, p. 153 et 154, 1888), le *Saccharomyces apiculatus*, des champignons bourgeonnants rouges, et de nombreuses bactéries. Il résulte de cet examen que la question exige de nouvelles recherches.

IV. — Nous passerons maintenant en revue divers travaux qui se rapportent surtout aux actions chimiques exercées par des microorganismes.

Les levures usuelles, cultivées dans une solution de sucre interverti, détruisent d'abord plus de glucose que de lévulose, en sorte que la rotation gauche de la liqueur augmente d'abord en valeur absolue, passe par un maximum, et diminue ensuite progressivement jusqu'à zéro.

MM. Gayon et Dubourg (1) ont constaté que le rapport entre la vitesse de destruction du glucose et celle du lévulose varie d'une espèce de levure à une autre. Considérable pour le *Mucor alternans* (non inversif), moindre pour diverses espèces de levure de brasserie, il est très voisin de l'unité pour une certaine levure, non inversive. Il devient même plus petit que l'unité pour certaines espèces. Les auteurs possèdent quatre levures qui jouissent de la propriété de détruire le lévulose plus vite que le glucose. Les cultures de ces levures, examinées au saccharimètre, montrent une rotation gauche rapidement décroissante en valeur absolue, puis nulle, puis

(1) U. Gayon et E. Dubourg : *Sur la fermentation alcoolique du sucre interverti* (Comptes rendus, CX, p. 835).

une rotation droite qui croît jusqu'à un maximum et décroît ensuite jusqu'à zéro.

MM. G. Linossier et G. Roux (1) ont étudié les fermentations produites par le champignon du muguet. Cet organisme provoque la fermentation alcoolique du glucose, du lévulose et du maltose, mais non celle du saccharose ni celle du lactose. Il n'intervertit pas le saccharose. Les fermentations alcooliques qu'il produit se distinguent par certains caractères de celles que produisent les véritables levures. Elles sont très lentes et ne donnent naissance qu'à une dose maxima d'alcool de 5,5 p. 100 dans le moût de raisin. De plus on trouve, dans les produits de la fermentation, outre l'alcool, de l'aldéhyde et de l'acide acétique. Cet aldéhyde paraît se produire aux dépens de l'alcool préformé, car si l'on sème ce champignon sur une solution minérale additionnée d'un peu d'alcool, sans sucre, l'alcool disparaît et est remplacé par un mélange d'aldéhyde et d'acide acétique.

Quant à l'acide acétique, il paraît se produire par oxydation de l'aldéhyde sous l'influence de l'air, sans intervention d'aucun phénomène biologique ; car le champignon, semé sur une solution étendue d'aldéhyde additionnée de sels minéraux convenables, ne s'y développe pas.

On voit que le champignon du muguet est bien un ferment alcoolique, mais comme il fonctionne un peu autrement que les levures usuelles, les auteurs croient devoir le rayer du groupe des Saccharomyces et le rapprocher des Mucor.

Le pouvoir de transformer le sucre en alcool est d'ailleurs loin de constituer un caractère propre au genre Saccharomyces. Plusieurs bactéries possèdent ce pouvoir. MM. Frankland et Fox (2) en ont étudié une. Ils l'ont tirée d'une fiente de brebis par culture dans une solution de glucose-peptone et ensuite dans la gélatine-peptone. Après cultures successives répétées dans les liquides fermentescibles jusqu'à ce que l'organisme présentât un caractère uniforme, on obtint un bacille dont l'aspect varie avec le milieu : dans les liquides il se présente surtout en couples d'articles, et sur la gélatine solide, en longs fils. Dans aucune culture on n'a aperçu de spores.

Dans des solutions de mannite ou de glycérine, additionnées de peptone et de carbonate de chaux, la fermentation marcha vivement, surtout avec la mannite. Les produits principaux trouvés après fermentation furent, dans les deux cas, l'alcool éthylique et l'acide acétique : d'où le nom de *Bacillus ethaceticus* proposé par les auteurs pour le ferment.

Ce bacille met en fermentation les solutions de glucose, saccharose, lactose, amidon et glycérate de chaux.

On le voit, la jeune science des microorganismes se développe, dans diverses directions, avec une admirable rapidité, et la portée des résultats qu'elle fournit lui assigne une place de plus en plus haute dans l'ensemble des connaissances humaines. LÉON BOUTROUX.

(1) Georges Linossier et Gabriel Roux : *Sur la fermentation alcoolique et la transformation de l'alcool en aldéhyde provoquées par le champignon du muguet* (Comptes rendus, CX, 868).

(2) P.-F. Frankland et J.-J. Fox : *Fermentation of Mannitol and Glycerol* (Proc. Roy. Society, XLVI, 345-357 et Journ. Chem. Society, août 1890).

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Suite*).

12°. — *Bourgeons.*

Les écailles gemmaires sont habituellement considérées comme servant uniquement à protéger les bourgeons contre les influences atmosphériques et en particulier contre les basses températures hivernales. D'après M. F. Schaar (1), les écailles des bourgeons du *Fraxinus excelsior* renferment des matières de réserve, substances plasmatiques, épaississements cellulosiques, etc., qui sont utilisées au moment de l'épanouissement des bourgeons.

Il résulte des observations de M. A. Prunet (2) que les plantes ligneuses Dicotylédones présentent toujours des bourgeons dormants en relation avec la moelle de l'axe par l'intermédiaire d'un large rayon médullaire, le « rayon médullaire gemmaire », lequel a pour point de départ le rayon médullaire résultant du départ d'une trace foliaire. Les bourgeons dormants se rencontrent non seulement à l'aisselle des feuilles ordinaires, mais encore à la base des feuilles rudimentaires et des écailles gemmaires. Des bourgeons dormants peuvent se former à tout âge en face des rayons médullaires gemmaires, les uns se développant aussitôt, les autres demeurant latents. Leur nombre s'accroît beaucoup par la taille ou le pincement. Ils peuvent dans les conditions ordinaires être assez peu développés pour que leur observation nécessite l'emploi du microscope.

13°. — *Fleur.*

D'après M. W. C. Gœthart (3) l'androcée des Malvacées apparaît dès que le calicule et le calice ont commencé à s'ébaucher sous l'aspect d'un bourrelet annulaire résultant de l'activité d'un méristème intercalaire et destiné à donner naissance au tube formé par les étamines concrescentes. C'est sur le bord supérieur de ce bourrelet que se développent les rangées d'étamines. Les ébauches des étamines consistent en deux rangées verticales de petites éminences, les unes épisépales les autres devant être épipétales.

(1) F. Schaar : *Die Reservestoffbehälter der Knospen von Fraxinus excelsior* (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. XCIX, Heft 4-5, p. 291-300, 1890).

(2) A. Prunet : *Sur les bourgeons dormants des plantes ligneuses Dicotylédones* (Journal de Botanique, 1890, p. 258).

(3) W. C. Gœthart : *Beiträge zur Kenntniss des Malvaceen-Androceums* (Botanische Zeitung, 1890, col. 337, 1 pl.).

Chaque ébauche se divise dans le sens tangentiel en deux ou quatre parties dont chacune donnera une étamine à deux sacs polliniques. Ainsi s'explique la formation des phalanges staminales.

Le travail que M. H. Fischer (1) vient de publier sur la forme des grains de pollen et sur la structure de leur membrane ne contient pas de faits généraux bien nouveaux, mais à cause du nombre considérable des espèces étudiées (2214) et des renseignements de détail qu'on y trouve, il pourra être utilement consulté par les botanistes qu'intéressent particulièrement ces questions. D'après M. Fischer les caractères morphologiques fournis par les grains de pollen, tout en étant de valeur systématique peu constante et très inégale, méritent cependant d'entrer dans la définition de certains groupes naturels.

D'après M. R. von Wettstein (2) les nectaires rameux du *Parnassia palustris* représentent un deuxième cercle d'étamines. La partie basilaire de chaque staminode représenterait un filet d'anthère et les filaments glandulifères qui la surmontent représenteraient le médian, le connectif, les latéraux, les deux loges de l'anthère.

On sait que les étamines d'un certain nombre de plantes sont sensibles et présentent des mouvements de divers sens en rapport plus ou moins direct avec la pollinisation ; on sait aussi d'autre part que certaines fleurs, par exemple celles des Renoncules, s'ouvrent et se referment en quelque sorte périodiquement pendant un nombre variable de jours, tandis que d'autres, comme celles des Cistes, après s'être ouvertes puis refermées tombent presque aussitôt. M. A. Hansgirg (3) vient de publier une liste raisonnée des plantes qui présentent l'un ou l'autre de ces phénomènes.

Nous signalerons simplement plusieurs séries d'études sur la structure des fleurs de diverses plantes envisagée surtout dans ses rapports avec la pollinisationé tudes dues à M. E. Loew (4), à M. C. Correns (5), à M. J. Mac Leod (6).

(1) Hugo Fischer : *Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pollenkörner*, Inaug.-Dissertation, 72 p., 3 pl., Breslau, 1890; résumé *in* Jahresbericht der Schles. Gesellschaft für vaterl. Cultur, Sitzungen der botanischen Section, 1890, p. 3.

(2) R. von Wettstein : *Zur Morphologie der Staminodien von Parnassia palustris* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 8, p. 304-309, 1 pl., 1890).

(3) A. Hansgirg : *Ueber Verbreitung der reizbaren Staubfäden und Narben, sowie der sich periodisch oder blos einmal öffnenden und schliessenden Blüthen* (Botanisches Centralblatt, Bd. XLIII, n° 13, p. 409-416, 1890).

(4) E. Loew : *Ueber die Bestäubungseinrichtung und den anatomischen Bau der Blüthe von Oxytropis pilosa* (Flora, 1891, Heft 1, p. 84-91) ; — *Ueber die Bestäubungseinrichtung und den anatomischen Bau der Blüthe von Apios tuberosa* (Flora, 1891, Heft 2, p. 160-171) ; — *Blüthenbiologische Beiträge* (Jarbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, p. 445-498, 1890 et Bd. XXIII, p. 207-253, 1891) ; — *Der Blüthenbau und die Bestäubungseinrichtung von Impatiens Roylei Walp.* Engler's Jahrbücher für System. und Pflanzengeogr., Bd. XVI, Heft 1-2, p. 166-182, 1891).

(5) C. Correns : *Beiträge zur biologischen Anatomie der Aristolochia-Blüthe.* — *Zur Biologie und Anatomie der Salvienblüthe.* — *Zur Biologie und Anatomie der Calceolarienblüthe* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, p. 161-252, 1890).

(6) J. Mac Leod : *Ondezoeckingen omtrent den bouw de Ontwikkelingen de*

14°. — *Fruit.*

On sait que la plupart des classifications des fruits que l'on trouve dans les traités sont encombrées de termes barbares et plus ou moins mal définis, tels que carcérules, élatéries, péponides, galbules, sycones, etc., termes d'ailleurs parfaitement inutiles, puisqu'ils ne permettent pas de prévoir tous les cas particuliers, et qui ont en outre, avec beaucoup d'autres d'ailleurs, le grave défaut de rebuter les commençants. M. G. Beauvisage (1) vient de publier une nouvelle classification qui, bien que n'étant pas à l'abri de tout reproche, présente du moins l'avantage de réduire considérablement le nombre des termes spéciaux. Les fruits sont divisées en quatre types : Baie, Drupe, Achaine, Capsule. Dans le troisième type, les expressions samare et caryopse sont conservées. Les capsules sont réparties en deux groupes suivant qu'elles sont ou non déhiscentes par des fentes longitudinales. Dans chacun de ces groupes, des subdivisions sont établies d'après le nombre des carpelles, la placentation et enfin le mode de déhiscence. Les expressions de follicule, gousse, pyxide sont seules conservées.

Les résultats les plus généraux du volumineux mémoire consacré par M. Garcin (2) à l'exposé du résultat de ses recherches sur l'histogenèse des fruits à péricarpes charnus, peuvent se résumer comme suit. Dans l'ovaire, l'épiderme externe est toujours simple, l'interne quelquefois stratifié. Le mésophylle a une structure tantôt homogène, tantôt hétérogène, et dans ce dernier cas on y observe soit deux couches dont l'une collenchymateuse, soit trois couches distinctes. Dans les baies mûres, les deux épidermes conservent sensiblement leurs caractères ; la croissance de la chair peut résulter uniquement de la dilatation des cellules mésophylliennes de l'ovaire ou à la fois de leur dilatation et de leur multiplication ; on y distingue en général deux couches dont l'une collenchymateuse, mais parfois aussi trois ou quatre. Dans les drupes ayant atteint leur maturité, l'épiderme externe devient en général stratifié, l'une des couches se différenciant en liège. La chair a la même origine que dans les baies. Le noyau, formé essentiellement de fibres et de cellules scléreuses, procède tantôt de l'épiderme interne, tantôt du mésophylle, tantôt à la fois de l'épiderme et du mésophylle. Qu'il nous soit permis d'exprimer le regret que des nombreuses descriptions de détail consciencieusement accumulées par l'auteur, ne ressortent pas quelques types autour desquels les formes analogues ou secondaires viendraient naturellement se grouper ; l'esprit se perd un peu au milieu de tant de faits laissés ainsi sur un même plan.

M. A. Heimerl (3) a trouvé des cellules à mucilage au-dessous de l'épiderme

bevruchting der bloemen van Commelyna (Botanisch Jaarboek, 1890, p. 119-142, 1 pl., résumé anglais).

(1) G. Beauvisage : *Remarques sur la classification des fruits et la déhiscence des capsules*, 24 p., 1 pl., Lyon, H. Georg.

(2) Garcin : *Recherches sur l'histogenèse des péricarpes charnus* (Annales des sciences naturelles, Botan., 7e série, t. XII, p. 17).

(3) A. Heimerl : *Beiträge zur Anatomie der Nyctaginaceen-Früchte* (Sitzungsbe-

extérieur du fruit des Mirabilées; il a constaté en outre que dans les Mirabilées et les Abroniées les parois des cellules épidermiques du fruit renferment de petits grains ou cristaux d'oxalate de chaux. Ce dépôt serait caractéristique pour ces deux groupes de plantes.

15°. — *Graine.*

On sait que l'on ne retrouve pas toujours à la fois dans la graine mûre les téguments et le nucelle : une partie de ces tissus peut être résorbée ou digérée par l'embryon dans le cours de son développement; la persistance des enveloppes ovulaires n'est même regardée par la plupart des auteurs que comme une rare exception. M. M. Brandza (1), ayant suivi dans un grand nombre de familles les modifications que subissent les téguments de l'ovule et le nucelle pendant la maturation de la graine, a constaté que dans les plantes dont l'ovule a deux téguments, le tégument interne persiste dans la plupart des cas et constitue souvent la partie lignifiée du tégument séminal; parfois le nucelle lui-même contribue à la formation des enveloppes de la graine mûre; dans quelques familles seulement le tégument de la graine mûre est formé par la partie externe du tégument externe de l'ovule. Dans les plantes dont l'ovule n'a qu'une enveloppe, les téguments de la graine proviennent, d'après l'auteur, soit de cette unique enveloppe, soit à la fois de cette enveloppe et du nucelle.

D'après M. G. Lindau (2), les sillons plus ou moins profonds, simples ou ramifiés, dont se creuse la surface de l'albumen dans les graines du *Rhamnus cathartica* et du *Coccolobus populifolia* tirent leur origine des téguments, lesquels forment vers l'extérieur des saillies en forme de sac que remplit plus tard l'endosperme.

Quand on étudie la structure anatomique des téguments de la graine mûre, on trouve habituellement au-dessous des assises cellulaires externes à parois plus ou moins épaissies, une zone de cellules presque toujours aplaties dans le sens radial et à cavité sensiblement oblitérée. Dans la graine mûre, ces cellules ont une structure normale et contiennent des matières nutritives et en particulier de l'amidon transitoire. D'après M. Tschirch, qui a le premier appelé l'attention sur cette partie des téguments, ces cellules se vident à mesure que la graine mûrit et en particulier à mesure que s'épaississent les parois des cellules externes; de là l'opinion que ces cellules servent à compléter le développement de la graine et en particulier à compléter les épaississements de la partie scléreuse ou mucilagineuse des téguments, de là aussi le nom de zone nourricière donné à cette assise par le même auteur. Des recherches de M. Hölfert (3), qui a étudié l'évolution de la zone nour-

richte der kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. XCVII, Abth. 1, p. 692-703).

(1) M. Brandza : *Développement des téguments de la graine* (Revue générale de Botanique, vol. III, nos 25-26, 10 pl., 1891).

(2) G. Lindau : *Zur Entwicklungsgeschichte einiger Samen* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft), Bd. IX, Heft 8, p. 274-279).

(3) J. Hölfert : *Die Nährschicht der Samenschalen* (Flora, 1890, Heft 4, p. 279-313).

ricière, il semble résulter qu'on se trouve bien en présence d'un tissu nutritif transitoire, dont l'oblitération ultérieure est le résultat de sa compression entre les téguments extérieurs devenus plus résistants et l'amande encore en voie de développement. Dans cent trente-neuf espèces sur cent soixante-quatorze étudiées, on trouve une zone nourricière à éléments plus tard oblitérés corrélative de l'existence d'épaississements scléreux ou mucilagineux dans les téguments ; dans dix-neuf espèces, on trouve une zone nourricière oblitérée, sans épaississements secondaires ; dans douze espèces, enfin, on trouve un parenchyme non oblitéré à la place de la zone nourricière. On ne saurait donc dire que le contenu de la zone nourricière est employé exclusivement à parfaire les épaississements tégumentaires. C'est aussi ce qui résulte des recherches de M. G. Kayser (1) sur le développement de la graine des Ombellifères. Dans les plantes de cette famille, le nucelle, réduit à une seule couche de cellules, est entouré d'un tégument formé d'un grand nombre d'assises cellulaires, vingt dans le *Fœniculum capillaceum;* par suite du développement de l'endosperme, le nucelle d'abord est résorbé et ensuite graduellement les couches internes du tégument ; finalement, il ne persiste qu'une seule assise cellulaire au-dessous de l'épiderme.

D'après un certain nombre de botanistes, les épaississements mucilagineux que l'on observe dans la paroi externe de l'épiderme de certaines graines proviennent de la gélification sur place d'une portion de cette paroi. M. J. d'Arbaumont (2), qui a étudié la structure et la genèse de ces épaississements dans quatre-vingt-dix espèces de Crucifères, les considère comme se formant par apposition sur la face interne de la membrane primitive, avec laquelle ils n'auraient dès lors que des rapports de juxtaposition. On sait que, d'après M. Nadelmann, les épaississements de réserve des graines des Légumineuses auraient une origine analogue. M. J. d'Arbaumont a trouvé en outre que ces épaississements se colorent en jaune par l'iode et en bleu par le chlorure de zinc iodé, le bichlorure d'étain iodé et l'action successive de l'acide sulfurique et de l'iode. Il ne faudrait pas cependant généraliser ces réactions à tous les mucilages, car celui des Légumineuses se colore en jaune par l'acide sulfurique et l'iode.

Divers observateurs, parmi lesquels en premier lieu M. Sachs, ont signalé dans la graine d'un certain nombre de Monocotylédones pourvues d'albumen l'existence d'un organe (*Saugorgan*) servant à absorber les matières nutritives contenues dans cet albumen et à les conduire dans l'embryon pendant la germination. M. Tschirch (3) signale l'existence d'un semblable organe dans la graine de Scitaminées. D'après lui, en outre, l'organe d'absorption, que l'on retrouverait dans toutes les Monocotylédones à graines albuminées, serait formé dans la généralité des cas, au moins en partie,

(1) G. Kaiser : *Ueber das Verhältniss der Integumente der Samenanlagen zu den Samendecken der reifen Samen* (Berichte der pharmaceutischen Gesellschaft, 14 mai 1891, 6 p.).

(2) J. D'Arbaumont : *Nouvelles observations sur les cellules à mucilage des graines des Crucifères* (Annales des sciences naturelles, Botan., 7e sér., t. XI, p. 125).

(3) Tschirch : *Das Saugorgan der Scitamineen-Samen* (Mathem. naturwis-ensch. Mittheilungen aus den Sitzungsberichten der kön. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1890, Heft II, p. 89-98).

par le cotylédon. Les cotylédons des Dicotylédones albuminées constitueraient aussi un organe d'absorption, mais tandis qu'ici cet organe se développe ensuite en productions foliacées, chez les Monocotylédones, l'organe d'absorption ne quitte pas les enveloppes de la graine et meurt dès que son rôle est terminé. L'auteur signale en outre l'existence d'un organe d'absorption chez les Gnétacées et les Cycadées et considère comme homologue de cet appareil le « pied » de l'embryon dans les Cryptogames vasculaires et le « pied » de la capsule des Mousses.

Là où manque un organe absorbant spécial, les graines albuminées présentent, d'après M. W. Hirsch (1), des dispositions propres à faciliter l'absorption des réserves par l'embryon. C'est ainsi que l'assise cellulaire qui sépare l'albumen de l'embryon, se gonfle en général beaucoup de façon à s'appliquer exactement sur l'embryon et remplace ainsi l'organe absorbant. En outre, dans les graines volumineuses à embryon petit et plus ou moins central, les cellules de l'albumen se disposent en files rayonnantes autour de l'embryon et s'allongent plus ou moins dans le sens radial, facilitant ainsi l'arrivée des matières nutritives. Dans les petites graines à albumen minime, cette disposition est rendue inutile, d'après l'auteur, par l'abondance extraordinaire des ponctuations ; elle est aussi inutile, dans les graines à albumen formé de cellules delicates parcouru dans divers sens par un embryon plus ou moins enroulé et volumineux ; c'est pour cela qu'on ne l'observe pas dans ces deux catégories de graines. On voit que dans beaucoup de cas l'absorption des matières nutritives par l'embryon serait singulièrement facilitée.

D'un travail général de M. A. Pfeiffer (2) sur les diverses formes d'arilles, il résulte que ces formations reconnaissent trois origines différentes : le funicule et ses diverses régions, hile, chalaze, raphé (*Mucuna*, *Cytisus*, Passiflorées, etc.) ; l'exostome (Euphorbiacées, Polygalées, etc.) ; les tissus compris entre le funicule et l'exostome (*Myrisca*, *Celastrus*, *Evonymus*, etc.). Au point de vue anatomique, les arilles, qu'ils soient mous ou résistants, sont presque sans exception parenchymateux, les premiers étant formés de cellules à parois minces, les seconds des cellules à parois plus ou moins épaisses. Habituellement ils contiennent d'abondantes matières nutritives de même nature que celles qui sont renfermées dans la graine. Certains arilles sont parcourus par de petits faisceaux détachés des faisceaux placentaires (Myristicacées, Connaracées, etc.). D'après l'auteur, les arilles faciliteraient fréquemment la dispersion des graines ; il en serait ainsi en particulier des arilles aliformes ou charnus. En outre, divers arilles paraissent emmagasiner transitoirement des réserves qui sont ensuite consommées pendant la maturation de la graine.

D'après M. Max Dahmen (3), le funicule est formé de dehors en dedans d'un

(1) W. Hirsch : *Welche Einrichtungen bestehen behufs Ueberführung der in dem Speichergewebe der Samen niedergelegten Reservestoffe in dem Embryo bei der Keimung ?* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII. Heft 1, p. 1-8, 1890).

(2) A. Pfeiffer : *Die Arillargebilde der Pflanzensamen* (Engler's Jahrbücher für Systematik, etc., Bd. XIII, Heft 3-5, p. 492-540, 1891).

(3) Max Dahmen : *Anatomisch-physiologische Untersuchungen über den Funiculus der Samen* (Jahrbücher für wissenschaft. Botanik. Bd. XXIII, p. 441-478, 1891).

épiderme, de parenchyme lacuneux et d'un faisceau libéro-ligneux occupant une position plus ou moins centrale par rapport à l'organe. Il contient généralement du sucre et de l'amidon et on y trouve parfois des mucilages, des huiles grasses ou essentielles, du salpêtre, des chromoplastes. De ce que le liber ne contient pas exclusivement les matières nutritives, qu'on en trouve aussi dans le parenchyme et l'épiderme, l'auteur croit pouvoir conclure que le liber sert moins d'organe de conduction des substances plastiques que de réservoir de ces matières pour servir à la formation du bois. Bien que nous soyons de ceux qui pensent que le rôle de conducteur des tubes criblés a été exagéré, l'argumentation de M. Dahmen nous paraît un peu faible. L'auteur nous apprend en outre que le funicule sert de voie de passage aux matières nutritrives destinées à la formation de la graine et à la constitution de ses réserves.

Nous ne pouvons que signaler ici la description minutieuse donnée par M. Luigi Macchiati (1) de la structure de la graine du *Vicia narbonensis*.

D'après M. J. Verschaffelt (2), les *Brunella vulgaris* et *grandiflora*, les *Salvia Horminum* et *lanceolata* appartiennent à cette catégorie de plantes dont les graines ne sont mises en liberté que sous l'influence de la pluie ou de l'humidité; ce n'est qu'alors en effet que le calice fructifère écarte ses deux lèvres rapprochées par la dessiccation. En outre, chez les deux *Salvia* mentionnés, le pédicelle fructifère courbé vers le bas lorsqu'il est sec, se redresse sensiblement lorsqu'il est mouillé, de telle sorte que les fruits qui s'échappent de l'orifice du calice tombent à une certaine distance du pied de la plante. M. J. Verschaffelt (3) a en outre observé que dans l'*Iberis umbellata*, les pédicelles des fruits mûrs se pressent les uns contre les autres autour du sommet du rachis lorsque l'air est sec et s'écartent les uns des autres en s'étalant lorsque l'air est humide ou qu'ils sont mouillés par la pluie. Il en résulte que la dispersion des graines par le vent ou les animaux n'est possible que dans ce dernier cas. Rien de semblable ne s'observe dans une espèce voisine l'*Iberis amara*. On voit donc que dans ces diverses plantes, l'ensemencement naturel des graines ne s'effectue que lorsque les circonstances extérieures sont particulièrement favorables à leur germination.

(1) Luigi Macchiati : *Ricerche sulla morfologia ed anatomia del Same della Veccia di Narbona*, in-8, 28 p., 2 pl., Modena, 1891.

(2) J. Verschaffelt : *De Verspreiding der Zaden bij Brunella vulgaris, B. grandiflora, Salvia Horminum, S. lanceolata* (Botanische Jaarboek. 1890, p. 148-156, 1 pl., résumé allemand).

(3) J. Verschaffelt : *De Verspreiding der Zaden bij Iberis amara en I. umbellata* (Ibid., 1891, p. 95-109, 1 pl., résumé allemand).

(*A suivre.*) A. Prunet.

1 *Alsine Paui Willk.* — 2 *Saxifraga valentina Willk.*

Phototypie Bellotti, Saint-Etienne.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois, et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue.*

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 7, rue Amyot, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 mai 1892

N° 41

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 MAI 1892

Pages.

I. — NOTE SUR LA RÉVIVISCENCE DES PLANTULES DESSECHÉES, par **M. Gaston Bonnier** 193

II. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** 203

III. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES LICHENS (avec planches), par **M. Henri Jumelle** (*suite*) 220

IV. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*suite*) 231

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHE 6. — *Recherches physiologiques sur les Lichens.*

Cette livraison renferme en outre 8 gravures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir a la troisième page de la couverture.

NOTE SUR LA RÉVIVISCENCE

DES PLANTULES DESSÉCHÉES

Par M. Gaston BONNIER

Quelques physiologistes tels que Doyère (1), et souvent aussi les cultivateurs, ont remarqué que le Blé germé pouvait en certains cas supporter une dessiccation plus ou moins forte, puis reprendre ensuite la vie active si on le place de nouveau dans des conditions favorables. On sait d'ailleurs que des plantes développées, certaines Sélaginelles, par exemple, peuvent présenter la même particularité.

Je me suis proposé de préciser pour le Blé les conditions dans lesquelles on peut opérer le retour à la vie active de ces plantules desséchées et dans quelles limites on peut observer le même phénomène chez quelques autres espèces.

Mes expériences ont porté sur le Blé, la Fève, le Haricot, le Pois et le Maïs.

1. *Blé*. — J'ai fait les premières expériences avec le Blé, de la façon suivante :

Huit lots de Blé provenant de la récolte de l'année précédente et aussi comparables que possible, ont été mis à tremper pendant un jour, puis retirés de l'eau à 9 heures du matin. Chacun des lots contenait cinquante graines. Pour plus de clarté j'appellerai ces huit lots : A, A'; B, B'; C, C'; D, D'.

(1) Doyère, *Mémoire sur l'ensilage rationnel*, Paris, 1856.

Le 22 novembre, à 9 heures du matin, les lots A et A′ ont été desséchés pendant deux jours, le lot A à 35°, le lot A′ à 85°. Des pesées successives indiquaient qu'il n'y avait plus de perte de poids au bout de ce temps. Les autres lots ont été mis à germer sur de la sciure de bois humide et sous cloche.

Le 23 novembre, à 9 heures du matin, tous les Blés mis à germer montraient déjà leurs radicules; le lot B a été mis dans l'étuve à 35° pendant deux jours; le lot B′ dans l'étuve à 85° pendant le même temps.

Le 24 novembre, à 9 heures du matin, la gemmule commençait à sortir dans les Blés restant et les racines adventives pointaient à côté de la racine principale déjà allongée de 1 centimètre. Le lot C a été mis dans l'étuve à 35° pendant deux jours; le lot C′ dans l'étuve à 85° pendant le même temps.

Le 25 novembre, la gemmule était allongée de 5 millimètres dans les deux derniers lots restant et les racines étaient développées. Le lot D a été mis dans l'étuve à 35° pendant deux jours; le lot D′, dans l'étuve à 85° pendant le même temps.

On avait donc le 27 novembre tous les lots formés de Blé germé à différents états de développement, tous desséchés, la moitié à 35°, l'autre moitié à 85°.

Dix Blés ont été prélevés, après la dessiccation, sur chaque lot et mis de côté, dans un endroit sec. Chaque lot était donc réduit à quarante échantillons.

Le 27 novembre, ces quarante Blés desséchés de chaque lot ont été trempés dans l'eau pendant vingt-quatre heures. Le 28 novembre, on les a mis à germer sur de la mousse humide Toutes ces germinations, comme celles citées plus haut, sur la sciure de bois, ont été faites à des températures comprises entre 18 et 20°, mais toujours égales au même moment pour tous les lots.

Le 4 décembre, les résultats étaient les suivants :

LOTS.	ÉTAT DES PLANTULES.	TEMPÉRATURE à laquelle les plantules ont été complètement desséchées.	NOMBRE DE PLANTULES ayant repris.	ÉTAT DES ÉCHANTILLONS ultérieurement plantés en terre.
A	40 Blés germés dans l'eau pendant 24 heures.	35°	40 ont repris.	Ont donné des plants aussi vigoureux que ceux issus de graines.
A'	40 Blés germés dans l'eau pendant 24 heures.	85°	12 ont repris.	Ont donné des plants peu développés et dont 8 ont péri ultérieurement.
B	40 Blés ayant germé pendant 2 jours, avec radicule apparente au dehors.	35°	34 ont repris.	Ont donné des plants aussi vigoureux que ceux issus de graines.
B'	40 Blés ayant germé pendant 2 jours, avec radicule apparente au dehors.	85°	Aucun n'a repris.	»
C	40 Blés ayant germé pendant 3 jours et dont trois racines étaient apparentes.	35°	28 ont repris.	Ont donné des plants moins vigoureux que ceux issus de graines et dont 5 ont péri ultérieurement.
C'	40 Blés ayant germé pendant 3 jours et dont trois racines étaient apparentes.	85°	Aucun n'a repris.	»
D	40 Blés ayant germé pendant 4 jours et dont la gemmule était de 5mm avec racines développées.	35°	21 ont repris.	Ont donné des plants pour la plupart chétifs dont 12 ont péri ultérieurement.
D'	40 Blés ayant germé pendant 4 jours et dont la gemmule était de 5mm avec racines développées.	85°	Aucun n'a repris.	»

Il résulte de ce qui précède que :

Les Blés germés desséchés à 85° *ont perdu leur pouvoir germinatif*, sauf quelques Blés trempés dans l'eau pendant vingt-quatre heures.

Les Blés germés jusqu'au quatrième jour de germination à 20°, *desséchés à* 35°, *ont conservé au moins en partie leur pouvoir germinatif.* Les résultats ont été de plus en plus défectueux à mesure que les Blés étaient desséchés à un état de germination plus avancé.

J'ajouterai qu'en opérant dans les mêmes conditions avec des Blés plus germés que ceux des lots D, je n'ai obtenu aucune reprise après desséchement.

Les dix Blés prélevés sur chacun des lots et conservés dans un endroit sec ont été mis à germer au mois de mars suivant et ont donné pour chaque lot des résultats tout à fait analogues aux précédents.

Il résulte de ces expériences que les plantules germées de Blé peuvent être desséchées et maintenues à l'état de vie très ralentie pendant plusieurs mois, puis mises à germer comme des graines et reprendre l'état de vie active. Mais on voit que ce retour possible à l'état de vie presque latente, sans perte du pouvoir germinatif, dépend essentiellement de l'état de développement de la plantule et de la température à laquelle on la dessèche.

2. *Fève.* — J'ai fait une première expérience sur les Fèves dans les conditions qui suivent :

Quatre Fèves ont été mises à germer le 13 novembre à 14° sur de la mousse humide. L'ensemble de la racine et de la tige hypocotylée était d'une longueur de 4 centimètres environ chez trois des Fèves germées et de moins de 3 centimètres pour la quatrième. Dans les quatre, la partie de la tige supérieure aux cotylédons est encore dans les téguments. L'ensemble des quatre plantes germées pesait $15^{gr},115$.

Le 21 novembre, à 11 heures du matin, ces quatre plantes sont mises dans l'étuve à 35°, où on les laisse pendant vingt-quatre heures. Le 22 novembre, à 11 heures du matin, les plantes desséchées sont retirées. Leur ensemble ne pesait plus que 10gr,625.

Deux d'entre elles, F_3 et F_4, sont pesées isolément, puis laissées encore pendant deux jours à 35°. Les deux autres, F_1 et F_2, sont trempées dans l'eau pendant vingt-quatre heures, puis mises à germer sur la mousse humide. On fait de même deux jours après pour les Fèves F_3 et F_4 que des pesées successives ont montré ne plus perdre de poids.

Au bout de dix jours de germination, à 16° pour chacune des paires de plantes, on constate que F_1 et F_2, plantules germées qui avaient été desséchées pendant un jour seulement à 35°, ont repris et ont donné ultérieurement des Fèves qui ont fleuri; tandis que F_3 et F_4, desséchées à la même température, pendant trois jours, n'ont pas repris.

D'autres expériences, faites avec des Fèves à un état de germination plus avancé, ont donné les mêmes résultats. Je citerai la suivante :

Une Fève germée à 14° du 6 au 21 novembre avait sa tige d'une longueur de 7 centimètres et demi au-dessus des cotylédons et pesait 4gr,035. Mise le 21 novembre pendant vingt-quatre heures dans l'étuve à 35°, son poids s'est réduit à 2gr,30. On voit que le rapport du poids sec au poids frais est ici bien plus considérable que dans l'expérience précédente, où la germination des Fèves était moins avancée.

Cette Fève trempée le 22 novembre pendant 24 heures a été mise à germer le 23 novembre. On pouvait déjà constater qu'elle avait repris l'état de la vie active le 28 novembre.

Ces expériences mettent en évidence une autre condition pour le retour possible des plantes germées à l'état de vie ralentie : c'est la plus ou moins grande dessiccation, pour une même température. Il résulte en effet des expériences précédentes, que :

Les Fèves germées pendant huit à quinze jours à 14°, puis

desséchées à 35° pendant un jour, ont pu reprendre l'état de vie active, tandis que les Fèves germées dans les mêmes conditions, mais complètement desséchées à 35° jusqu'à ce qu'il n'y ait plus perte de poids, n'ont pas pu reprendre.

3. *Haricot.* — J'ai opéré pour les Haricots comme pour les Fèves; mais on ne peut les faire passer à l'état de vie ralentie après dessiccation qu'au bout d'un temps de germination moins long. Des Haricots germés pendant quinze jours et même pendant dix jours seulement, à 14°, puis desséchés seulement vingt-quatre heures à 35°, n'ont jamais repris.

Je citerai l'expérience suivante, faite à l'état de développement le plus avancé possible, pour permettre encore la reprise de la plante après dessiccation.

Quatre grains de Haricot ayant germé pendant huit jours à 14° ont la racine et l'axe hypocotylé ou recourbés dans les téguments et de longueurs : $2^{cm},2$; $2^{cm},5$; $3^{cm},4$; $4^{cm},5$. On les met dans l'étuve à 35° pendant vingt-quatre heures; puis, après les avoir trempés dans l'eau pendant un jour on les fait germer sur de la mousse humide. Huit jours après, deux pieds avaient repris sur quatre et ont donné des plantes peu vigoureuses, mais qui ont fleuri.

J'ai fait, avec ces mêmes plantes, une autre expérience, au point de vue de l'état des réserves lorsqu'on les dessèche à des températures variées.

Des Haricots germés pendant deux jours ont été desséchés complètement à 20°, 35°, 55°, et 85°. En examinant comparativement dans la glycérine des coupes pratiquées dans les cotylédons, on remarque que l'aspect des cellules est très différent. En prenant les extrêmes, ceux desséchés à 20° et à 85°, on voit que la réduction du volume chez l'échantillon le plus desséché est relativement plus grande pour le protoplasma ; par conséquent *la dessiccation est bien plus sensible dans le protoplasma que dans les membranes, les grains d'amidon et les grains d'aleurone.*

En effet, dans la graine desséchée à 85°, les grains d'amidon

n'ont pas sensiblement changé d'épaisseur non plus que les cloisons ou les grains d'aleurone ; mais les grains sont bien plus reserrés les uns contre les autres et contre les membranes des cellules, par suite le protoplasma occupe une surface beaucoup moins grandé. Les coupes des graines germées à 35° et à 55° sont intermédiaires ; mais plus voisines de celles desséchées à 85°

En essayant divers réactifs, on voit que l'iode colore sensiblement de la même manière les grains d'amidon desséchés à 85° que ceux desséchés à 20°, que le chloro-iodure de zinc ou le violet d'aniline colorent les membranes à peu près de la même manière. Le protoplasma desséché à 85° est coloré très fortement par le violet d'aniline, et à peine lorsque la graine germée a été desséchée à 20°. Le carmin dans l'eau colore immédiatement le protoplasma desséché à 85°, et ne le colore pas à 20°.

Ce sont là de simples indications qui pourraient conduire à la recherche d'un criterium du pouvoir germinatif par l'action des réactifs.

Ce qu'il faut en retenir ici, c'est que *les deux termes du rapport du poids sec au poids frais sont beaucoup plus différents pour le protoplasma que pour la membrane ou les grains d'amidon.* L'eau du protoplasma est celle qui joue le rôle le plus important dans le passage de l'état de vie active à l'état de vie ralentie ou inversement.

4. *Pois.* — Les Pois peuvent être desséchés sans mourir à un état de développement qui est morphologiquement plus avancé que celui des Haricots.

Je citerai l'expérience suivante :

Quatre Pois ayant germé depuis dix jours à 13° ayant l'ensemble de la racine et de la tige hypocotylée d'une longueur de 6 à 7 centimètres, ont été mis dans l'étuve à 35° pendant vingt-quatre heures. Trempés, puis mis à germer dans de la terre, ils ont repris tous les quatre et ont donné des plantes qui ont abondamment fleuri.

En examinant comparativement des coupes pratiquées dans

les cotylédons de Pois germés pendant deux jours, puis desséchés les uns à 20°, les autres à 85°, on constate que ceux qui ont perdu leur pouvoir germinatif à 85° sont devenus d'une couleur jaune ou même jaune orange et présentent des grains d'amidon serrés, plus fendillés. Pour les réactifs, les résultats sont sensiblement les mêmes que ceux observés ches les Haricots.

5. *Maïs*. — En opérant comme précédemment avec des plantules de Maïs germées pendant douze jours à 15°, dont l'ensemble de la racine et de la tige hypocotylée avait en moyenne 2 centimètres de longueur, puis desséchées pendant vingt-quatre heures à 35°, les deux cinquièmes des plantules ont repris.

En opérant avec des plantules de Maïs analogues, mais desséchées à 85°, aucune n'a repris.

Conclusions et applications. — On peut conclure de ce qui précède que beaucoup de plantes cultivées peuvent être desséchées après un commencement de germination plus ou moins long, se conserver comme des graines et passer de nouveau à l'état de développement actif si on les replace dans des conditions favorables.

C'est surtout l'eau abandonnant le protoplasma ou se combinant avec lui qui joue le rôle principal dans ces alternatives de vie ralentie et de vie manifestée. L'eau des membranes, des grains d'amidon, etc., ne paraît jouer qu'un rôle secondaire.

Pour les espèces étudiées, le Blé, le Pois et la Fève sont celles qui présentent encore le phénomène de réviviscence à un état de développement assez avancé. Lorsque les racines ou le sommet de la tige ne reprennent pas elles-mêmes l'état de vie active, après dessiccation, c'est par de nouvelles racines ou par des bourgeons adventifs que la plante se développe.

Enfin, si l'on étudie au point de vue des échanges gazeux et de la chaleur dégagée, ces plantes en voie de réviviscence, on trouve des phénomènes analogues à ceux de la germination des

graines, sauf que la première période (pendant laquelle le rapport des gaz échangés est voisin de l'unité et où la chaleur dégagée est moindre que par la suite) est relativement abrégée. Cette première période des phénomènes germinatifs est même d'autant plus abrégée que la réviviscence se produit sur une jeune plante qui a été desséchée à un état de développement plus avancé. Les résultats relatifs aux quantités de chaleur dégagée trouveront place dans un autre travail.

Je terminerai cette Note par quelques considérations pratiques.

Il arrive parfois dans la culture des légumes que les semis qui viennent d'être faits sont brusquement desséchés après la germination. Il ne faut pas pour cela croire toujours que la culture est perdue, et les expériences précédentes font voir que si la germination est récente, les plantes pourront reprendre. J'ai fait, par exemple, une expérience de culture avec des Pois semés dans un carré de terre, puis desséchés par le soleil. En les enfonçant un peu dans le sol et en les arrosant, ils ont tous repris, comme si le semis avait réussi au début.

RECHERCHES

SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par M. E. AUBERT

INTRODUCTION.

On sait que les plantes grasses sont les végétaux qui présentent, au moins dans l'une de leurs parties essentielles, un abondant développement de parenchyme soit cortical, soit médullaire, et une réduction importante de l'appareil conducteur.

Ces plantes présentent un vif intérêt physiologique au point de vue de leurs échanges gazeux, c'est-à-dire de leur respiration et de leur assimilation.

Si l'on expose, en effet, deux plantes, l'une grasse, l'autre ordinaire, à l'obscurité de la nuit dans des éprouvettes reposant sur le mercure, et que le lendemain matin on soumette à l'examen le gaz extrait de l'une quelconque des deux éprouvettes, il sera possible, en procédant à l'analyse, de reconnaître dans quelle éprouvette le gaz a été puisé. Bien plus, par l'analyse des gaz se rapportant à deux plantes grasses de familles et même d'espèces différentes, soumises aux mêmes conditions, on pourra savoir, dans bien des cas, si les deux végétaux ont à peu près la même carnosité et à laquelle des deux éprouvettes correspondait le végétal le plus charnu.

L'intérêt de cette étude est encore augmenté par la relation qu'il me sera possible d'établir entre les échanges gazeux des plantes grasses avec l'atmosphère et les variations protoplasmiques que subissent ces végétaux (1).

Je me propose dans ce travail d'étudier la respiration et l'assimilation chlorophylienne des plantes grasses, comparées aux plantes ordinaires. Je terminerai par quelques considérations générales sur la distribution des végétaux charnus à la surface du globe.

HISTORIQUE.

1° *Respiration.* — Th. de Saussure (2) s'est occupé le premier, avec un réel succès, de la respiration comparée chez les végétaux. Étudiant les échanges gazeux de diverses plantes avec l'air renfermé dans un récipient à l'obscurité, il vit que toutes les plantes avaient diminué le volume de l'air pendant la nuit (ce qu'il appela inspiration) et l'avaient augmenté pendant le jour (ce qu'il appela expiration). L'activité de ces échanges fut trouvée *maximum* chez certains arbres qui se dépouillent de leurs feuilles pendant l'hiver (Abricotier, Hêtre, etc.), et *minimum* chez les plantes fortement grasses et des plantes de marais comme l'*Alisma Plantago*.

Le savant physiologiste fit remarquer d'abord que les plantes grasses sont douées d'une force de végétation assez grande pour rester saines pendant plusieurs jours, et qu'il est préférable d'opérer sur ces végétaux pour mesurer l'inspiration et l'expiration. Puis il compara l'inspiration chez diverses plantes. Il reconnut que, pendant la nuit, les feuilles de Chêne, de Marronnier d'Inde, de *Sedum reflexum*, etc., absorbent plus d'oxygène qu'elles ne dégagent d'acide carbonique, et que ce dégagement, en particulier, est à peine sensible avec le *Cactus Opuntia*, le *Crassula Cotyledon*, le *Sempervivum tectorum*, l'*Agave americana*, le *Stapelia variegata*.

(1) Voir E. Aubert : *Recherches sur la turgescence et la transpiration des plantes grasses* (Ann. sc. nat. Bot., t. XVI, 1892).

(2) Th. de Saussure : *Recherches chimiques sur la végétation*. Paris, 1804.

Par l'exposition de l'*Opuntia vulgaris* dans un récipient clos, à l'obscurité de la nuit, Th. de Saussure a trouvé, le lendemain au lever du soleil, que le gaz entourant la raquette ne contenait plus que 14 pour 100 d'oxygène au lieu de 21 pour 100 qu'il renfermait la veille. Pas d'acide carbonique dégagé ; l'eau de chaux n'en accusait pas. Ainsi pour certaines plantes, d'après l'auteur, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est plus petit que l'unité ; pour les plantes grasses, il est presque nul.

Th. de Saussure reconnut que les plantes absorbent plus d'oxygène quand la température augmente ; que cette absorption d'oxygène a lieu, mais de plus en plus lentement, jusqu'à ce que la plante en soit saturée, dit-il ; après quoi, le volume de l'atmosphère ambiante ne change plus jusqu'à ce qu'elle ne contienne plus d'oxygène.

Le volume d'oxygène absorbé égale le volume d'acide carbonique dégagé.

Quand tout l'oxygène a disparu, le volume de l'atmosphère confinée augmente par suite d'un dégagement d'acide carbonique qui accompagne l'altération, puis la mort de la plante.

Ces phénomènes ne se produisent pas, ajoute l'auteur, avec les feuilles ordinaires qui dégagent autant d'acide carbonique qu'elles absorbent d'oxygène.

L'éminent physiologiste fait suivre l'exposé de cette série d'expériences intéressantes, des résultats, moins importants d'ailleurs, qu'il a obtenus en recherchant l'action d'un mélange d'oxygène et d'acide carbonique sur les raquettes d'Opuntia : il trouve que les deux gaz sont absorbés *en même raison* pendant la nuit, et que l'inspiration est plus prompte lorsqu'il y a de l'acide carbonique. Cette dernière observation ne nous paraît pas surprenante, étant connu le coefficient de solubilité de l'acide carbonique. Mais ce n'est pas là encore l'explication plausible qui puisse en être donnée; celle-ci découlera de mes propres observations.

Peu d'expériences nouvelles ont été faites depuis le remarquable travail de Th. de Saussure sur les plantes grasses.

M. Detmer (1) ayant insisté sur ce fait que les tissus des Crassulacées et de beaucoup de plantes grasses renferment des acides organiques libres en plus grande quantité la nuit que le jour, dit que la formation de ces acides dépend de l'exposition de ces plantes à l'obscurité à basse température et qu'elle est due à la combustion incomplète d'hydrates de carbone accumulés dans ces végétaux. Les acides organiques se détruisent plus ou moins complètement sous l'influence de la lumière. Comparant à l'obscurité la diminution des volumes gazeux que font éprouver une plante grasse et une plante ordinaire aux atmosphères confinées dans lesquelles on les renferme, M. Detmer observe que la plante grasse absorbe plus d'oxygène que l'autre. « Ainsi, conclut-il, en dehors de la respiration normale, les plantes grasses absorbent de l'oxygène sans production correspondante d'acide carbonique, pour la transformation des hydrates de carbone en acides organiques. »

M. Mayer (2) a montré que c'est l'acide isomalique qui prédomine chez les Crassulacées ; cet acide, décomposé à la lumière, est la source principale de l'oxygène émis par ces plantes, même dans une atmosphère dépourvue d'acide carbonique.

En résumé l'étude de la respiration des plantes grasses n'a donné lieu jusqu'ici qu'à des recherches très générales. Les physiologistes ont rarement fait à ce sujet quelques mesures plus ou moins précises. Aucun d'entre eux n'a, depuis Th. de Saussure, tenté d'établir les rapports ou les différences qui peuvent exister entre la respiration des plantes grasses et celle des plantes ordinaires.

Je me suis efforcé de tirer d'une pareille étude quelques matériaux propres à élargir le champ des connaissances sérieusement acquises par l'expérience, connaissances applicables seulement jusqu'ici aux plantes ordinaires et dont la science est redevable aux remarquables recherches de Dutrochet, Mohl, Boussingault, de Fauconpret, Garreau, Frémy, Cahours, Wiesner, Bœhm, Dehérain, Moissan, Lechartier, Bellamy, Vesque,

(1) Detmer : *Pflanzenphysiologie*, p. 176.
(2) Mayer : Ueber die Sauerstoffauscheidung einiger Crassulaceen (*Landwirthschaft l. Versuchsstationen*, t. XXI, 1880).

Maquenne, Godlewski, Askenasi, Borodine, Van Tieghem, Wolkoff, Mayer, Rischavi, Schlœsing, Müntz, etc., etc. Ces recherches ont été analysées et complétées, tout au moins pour certains points des plus importants, par les beaux travaux de MM. Bonnier et Mangin (1) sur la respiration des végétaux (Champignons, tissus sans chlorophylle, tissus verts à l'obscurité).

2° *Assimilation chlorophyllienne.* — On sait que toute plante verte, exposée à la lumière, est le siège de deux séries d'échanges gazeux :

Par la respiration, la plante absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique nuit et jour. Par l'assimilation chlorophyllienne, elle absorbe au contraire de l'acide carbonique et dégage de l'oxygène sous l'influence de radiations spéciales, dont certaines radiations lumineuses, et par ses parties vertes seulement.

Depuis le moment où la physiologie végétale a intéressé les naturalistes jusqu'à ces dernières années, les deux phénomènes dévoilés, l'un par de Saussure et Garreau (2), l'autre par Boussingault (3) et Claude Bernard (4), n'ont été qu'imparfaitement étudiés.

Th. de Saussure a, le premier, mis en évidence la respiration des plantes à la lumière par l'expérience suivante : Une plante est renfermée à la lumière dans une atmosphère confinée dont on absorbe l'acide carbonique par l'eau de chaux. Au bout de plusieurs heures, le volume du gaz oxygène a diminué dans le récipient ; dans l'eau de chaux s'est formé un précipité : donc à la lumière la plante a absorbé de l'oxygène et dégagé de l'acide carbonique.

Boussingault, exposant une plante avec un bâton de phosphore dans un récipient plein d'acide carbonique, à une lumière diffuse excessivement faible, a vu luire le phosphore : ce qui ne s'est pas produit lorsque l'appareil avait été préalablement soumis à une obscurité complète. Ainsi, à la lumière, la plante dégage

(1) G. Bonnier et L. Mangin : *Recherches sur la respiration des végétaux* (Ann. des sc. nat., 6e série, t. XVII, XVIII et XIX, 7e série, t. II).
(2) Garreau : Ann. des sc. nat., 3e série, t. XV et XVI.
(3) Boussingault : *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. III, IV et V.
(4) Cl. Bernard : *Leçons sur les phénomènes de la vie.* Paris, 1878.

de l'oxygène aux dépens de l'acide carbonique qu'elle absorbe.

Claude Bernard, par la méthode des anesthésiques, est arrivé à la même conclusion.

Toutes les expériences réalisées pendant plus de soixante ans par les physiologistes, au point de vue des échanges gazeux à la lumière, avaient pour but l'étude de l'*expiration*, comme disait Th. de Saussure, c'est-à-dire la résultante des deux phénomènes superposés.

En ce qui regarde les plantes grasses, de Saussure a fait quelques observations importantes :

Il exposa à la lumière une raquette d'*Opuntia vulgaris* de volume 119 centim. cubes, dans un récipient contenant 951 centim. cubes d'air, *sans acide carbonique*. Le soir, il observa une augmentation de 87 centim. cubes de gaz, sans acide carbonique ; l'air contenait alors 27,25 pour 100 d'oxygène au lieu de 21 pour 100 au début.

Les modifications subies par l'atmosphère se déduisent des nombres suivants :

Gaz.	Début de l'expérience.	Fin de l'expérience.	Différence.
Oxygène....	200 cent. cubes.	283 cent. cubes.	+ 83 cent. cubes.
Azote........	751 —	755 —	+ 4 —

Ainsi, d'après de Saussure, la raquette a dégagé pendant le jour : 83 cent. c. d'oxygène et 4 cent. c. d'azote. Cette même raquette avait inspiré la nuit précédente 79 centim. cubes d'oxygène. Il la soumit alternativement à l'obscurité et à la lumière, dans des atmosphères renouvelées, pendant sept jours et sept nuits successifs ; les inspirations d'oxygène pendant la nuit et les expirations diurnes d'azote crurent constamment.

La somme des inspirations des sept jours est égale à 331 centimètres cubes d'oxygène.

La somme des expirations des sept jours est égale à 584 centimètres cubes, dont 460,35 d'oxygène et 123,65 d'azote.

La dernière expiration renfermait plus de la moitié en azote, tandis que la première en contenait à peine $\frac{1}{21}$.

De Saussure a obtenu des résultats du même genre en mesurant les inspirations soit dans l'eau distillée, soit dans l'azote ; il a constaté toutefois que, dans ces conditions d'expérience plus défavorables à la végétation, le dégagement d'azote était plus important. Aussi l'auteur genevois conclut-il : le dégagement d'azote provient de la décomposition de la plante qui en émet toujours quand elle souffre.

Dans un autre ordre d'idées, de Saussure montre que l'oxygène est nécessaire pendant la nuit à la vie du *Cactus Opuntia* et que l'acide carbonique lui est indispensable pendant le jour. Ainsi une raquette d'Opuntia plongée dans l'azote pendant la nuit et dans l'air pendant le jour est morte au bout de cinq jours, tandis que soumise à l'expérience inverse, une autre raquette vivait encore quinze jours après.

Les plantes ordinaires, d'après de Saussure, périssent rapidement si, pendant le jour, elles sont placées dans une atmosphère dépourvue d'acide carbonique par l'eau de chaux ou la potasse ; les plantes grasses résistent plus longtemps, car elles ont un parenchyme plus épais et un épiderme moins poreux, retenant plus facilement l'acide carbonique. Il déduit de ce qui précède :

« Les plantes, et en particulier le *Cactus Opuntia*, en décomposant l'acide carbonique à la lumière, s'assimilent une partie de l'oxygène qui y était contenu, en même temps qu'elles en fixent le carbone. »

L'éminent physiologiste montre enfin que « l'expiration du Cactus est en raison de l'inspiration ». Un Cactus, ayant inspiré à l'obscurité pendant 40 heures environ tout l'oxygène qu'il peut absorber, abandonne ensuite au soleil, pendant 7 heures et demie ou 8 heures, une quantité de gaz plus grande que s'il n'a passé qu'une nuit à l'obscurité. « Je crois ce résultat important, ajoute de Saussure ; car il prouve que l'émission d'oxygène, qui est un effet de l'inspiration, ne doit pas être confondue avec l'émission qu'on pourrait attribuer à la décomposition de l'eau. »

Toutes ces déductions, malgré leur peu de rigueur, n'en sont pas moins très remarquables pour l'époque à laquelle elles ont

été formulées. Bien que la chimie fût encore dans l'enfance, Th. de Saussure en a tiré tout le profit possible pour interpréter, au commencement de ce siècle, les phénomènes physiologiques qui s'accomplissent chez les végétaux. Il a compris l'assimilation chez les plantes comme il a traduit leur respiration ; et chez les plantes grasses il a fait entrevoir des réactions un peu différentes de celles qui se passent chez les végétaux ordinaires. On peut s'étonner que d'aussi beaux travaux n'aient pas suscité un mouvement scientifique immédiat dans les recherches physiologiques concernant les plantes.

C'est seulement en 1861, après dix-sept ans de recherches variées, que Boussingault (1), discutant le travail de Th. de Saussure surtout au sujet du dégagement de l'azote, et critiquant les expériences de quelques-uns de ses devanciers : Daubeny (2), Drapper (3), Cloëz et Gratiolet (4), montre que la quantité d'azote, considérée comme dégagée par les plantes, est exagérée puisqu'elle surpasserait même la proportion de ce corps simple contenue dans les tissus au début de l'observation.

Il incline à croire que les appareils employés par de Saussure n'étaient pas suffisamment isolés de l'air extérieur. Boussingault constate, d'autre part, qu'il est très difficile de se débarrasser de l'air dissous dans l'eau ou confiné dans le tissu des plantes : vide, ébullition préalable de l'eau... sont des moyens tout à fait insuffisants pour chasser cet air. Aussi ne s'étonne-t-il pas que Cloëz et Gratiolet, bien qu'en opérant avec habileté. aient toujours trouvé de l'azote dans le gaz dégagé par les végétaux à la lumière. Huit tiges de *Potamogeton perfoliatum*, placées à la lumière dans de l'eau privée d'air par ébullition et légèrement imprégnée d'acide carbonique, ont dégagé du gaz oxygène renfermant de moins en moins d'azote : 84,3 d'oxygène et 15,7 d'azote le premier jour, 97,10 d'oxygène et 2,90 d'azote

(1) Boussingault : *Sur la nature des gaz produits*, etc. (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LIII, 1862, p. 862 et 884.)

(2) Daubeny : *Transactions philosophiques*, 1839.

(3) Drapper : *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XI, p. 114.

(4) Cloëz et Gratiolet : *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXII, p. 41.

le huitième jour. Cet azote avait évidemment pour origine l'air retenu dans le tissu végétal ou dans l'eau.

Aussi, pour vérifier si oui ou non les plantes dégagent de l'azote, Boussingault entreprend de belles recherches comparatives dans lesquelles il dose tous les gaz, aussi bien ceux qui proviennent du végétal que ceux dissous dans l'eau. Il opère avec des plantes très diverses et, dans tous les cas, il obtient, outre l'oxygène dégagé à la lumière, une faible quantité de gaz dans lequel il reconnaît de l'azote, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène protocarboné.

Les feuilles de Pêcher, par exemple, ayant absorbé $41^{cmc},84$ d'acide carbonique, ont dégagé $41^{cmc},92$ d'oxygène, plus $0^{cmc},24$ de gaz (Az, CO, C^2H^4.), soit $\frac{24}{4192} = 0,0057$ du gaz oxygène dégagé.

MM. Bonnier et Mangin (1) se sont préoccupés plus récemment de la même question. Ils renferment des plantes dans une atmosphère confinée, et déterminent, au bout de deux à trois heures, les variations éprouvées par le gaz et la pression dans l'appareil contenant les plantes. Ils considèrent comme négligeable la très faible différence trouvée entre la variation de pression observée et celle qui est calculée d'après les modifications qu'indique l'analyse du gaz confiné. Ils déduisent de leurs expériences que « l'augmentation de la teneur centésimale en azote, révélée dans quelques expériences, n'est qu'apparente ; elle est due à la diminution du volume total provoquée par l'absorption d'un volume d'oxygène supérieur au volume d'acide carbonique émis. »

Les plantes grasses dégagent-elles seulement des traces d'azote ou n'en émettent-elles pas du tout? Je me propose de dire quelques mots sur cette question délicate.

Toutes les recherches physiologiques sur les échanges gazeux des plantes grasses se bornent à peu près aux observations que j'ai mentionnées plus haut.

MM. Bonnier et Mangin (2) ont, dans ces dernières années,

(1) Bonnier et Mangin : *Recherches sur la respiration et la transpiration des Végétaux*. (Annales des sc. nat., Bot., 6e série, t. XVII, p. 265 et t. XIX, p. 228.)

(2) G. Bonnier et L. Mangin : *L'action chlorophyllienne séparée de la respiration*. (Annales des sc. nat. 7e série, t. III, 1886.)

nettement dégagé, dans les mesures, l'assimilation chlorophyllienne du phénomène protoplasmique inverse produit simultanément par la respiration.

Connaissant le volume c de l'acide carbonique dégagé et le volume o de l'oxygène absorbé par la respiration d'une plante; puis le volume c' d'acide carbonique absorbé et le volume o' de l'oxygène dégagé par la résultante de la respiration et de l'assimilation superposées, les deux auteurs en déduisent les échanges gazeux se rapportant à l'assimilation seule.

La plante a dégagé, par l'assimilation seule, la quantité o d'oxygène immédiatement utilisée par la respiration, plus la quantité o' d'oxygène trouvée en excès à la fin de l'expérience.

Soit $O = o + o'$ Oxygène dégagé par l'assimilation seule.

La plante a, d'autre part, absorbé par l'assimilation seule, la quantité c d'acide carbonique dégagé par la respiration, plus la quantité c' disparue dans l'atmosphère ambiante à la fin de l'expérience; d'où

$C = c + c'$ Acide carbonique absorbé par l'assimilation seule.

Le rapport $\frac{O}{C} = \frac{o + o'}{c + c'} = a$ représente, d'après MM. Bonnier et Mangin, l'assimilation chlorophyllienne.

Ce rapport est quelque peu inexact, ainsi qu'ils l'ont fait remarquer, puisque la respiration des plantes est un peu différente à la lumière et à l'obscurité.

Chaque espèce végétale leur a donné trois rapports :

$\frac{CO^2}{O} = r$ concerne la respiration,

$\frac{o}{c} = R$ concerne la résultante et

$\frac{O}{C} = a$ représente l'assimilation chlorophyllienne.

Telle est la marche suivie par MM. Bonnier et Mangin dans leurs recherches sur les échanges gazeux des plantes à la lumière et à l'obscurité. Ces recherches ne renferment aucune

donnée relative aux plantes grasses. Il y a là une lacune que je me suis proposé de combler.

PLAN GÉNÉRAL.

L'étude des échanges gazeux des plantes grasses concerne, comme celle des plantes ordinaires, leur respiration et leur assimilation.

Dans un premier chapitre, après avoir rapidement exposé le procédé expérimental adopté, je présenterai les principaux résultats que j'ai obtenus en faisant respirer à l'obscurité des plantes grasses variées. De l'examen de ces résultats se dégageront les variations qu'éprouvent l'intensité des échanges gazeux et le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés entre la plante et l'atmosphère sous diverses influences telles que : la respiration de jour ou de nuit, l'âge et la carnosité de la plante, la température, l'action de l'obscurité prolongée...

L'étude de l'assimilation des végétaux charnus formera l'objet d'un deuxième chapitre. Appliquant la méthode de MM. Bonnier et Mangin dont j'ai dit à dessein quelques mots plus haut, je séparerai les phénomènes de l'assimilation chlorophyllienne et de la respiration. Après avoir établi les valeurs du rapport $\frac{O}{C} = a$, concernant l'assimilation chlorophyllienne, chez des espèces végétales à carnosité variée, je m'efforcerai de montrer que, par leurs échanges gazeux à la lumière comme à l'obscurité, les plantes grasses forment une chaîne continue avec les végétaux ordinaires : ces derniers se comportant, au point de vue physiologique, d'une manière presque identique aux plantes grasses qui possèdent le minimum de carnosité.

CHAPITRE I

Respiration des plantes grasses; comparaison avec celle des végétaux ordinaires.

Les plantes grasses (Crassulacées, Mésembryanthémées, Cactées, etc.) renferment des acides organiques dont la proportion augmente pendant le jour et diminue sous l'influence de la lumière et de la chaleur; à la température de 40 à 45°, une plante grasse perd presque totalement son acidité, ainsi que l'a montré M. Hugo de Vries. Ce physiologiste pense que, dans les stations naturelles où croissent les plantes grasses, si la température atteignait de 40 à 45° pendant la nuit, ces plantes ne produiraient pas d'acides organiques. Je me range volontiers à cet avis et j'en donnerai plus loin les raisons.

Les oscillations constantes que subit la proportion des acides organiques doivent avoir un certain retentissement sur les échanges gazeux des plantes grasses placées dans des conditions diverses telles que: l'obscurité et une température modérée; l'obscurité et une température progressivement croissante. L'influence de ces conditions sur les quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis par les végétaux charnus sera établie par de nombreuses expériences.

Méthode adoptée. — Appareils. — J'ai adopté la méthode de l'air confiné dans les recherches qui suivent. Elle consiste à placer une portion détachée d'un végétal (tige feuillée, feuille, raquette de Cactée) dans une éprouvette ou un manchon, de forme variable avec celle de la plante étudiée, contenant un certain volume d'air isolé par du mercure de l'air extérieur. L'analyse du gaz confiné est faite au début et à la fin de chaque expérience au moyen de l'appareil de MM. Bonnier et

Mangin (1); les nombres obtenus permettent d'évaluer les compositions initiale et finale de l'air entourant la plante, et d'apprécier les échanges gazeux de cette dernière.

Mes appareils ont été très simples le plus souvent. Des éprouvettes, ayant au maximum 150 centimètres cubes de volume, reposaient sur le mercure ; elles étaient entourées d'un manchon de papier noir épais, pour que les plantes fussent plongées dans l'obscurité. La paroi de l'éprouvette était légèrement mouillée par un peu d'eau distillée que je rejetais avant d'introduire la plante (l'air confiné était ainsi saturé d'humidité). J'ai cru devoir éviter la présence d'une légère couche d'eau sur le mercure parce que, dans certains cas, les échanges gazeux des plantes grasses sont très faibles, et la quantité d'acide carbonique dissoute dans cette eau eût apporté aux résultats une cause d'erreur appréciable. Les vapeurs mercurielles ne pouvaient guère se produire puisque, l'air étant saturé d'humidité, une buée recouvrait toujours la surface du mercure.

Les éprouvettes en expérience étaient recouvertes d'une cloche dans laquelle un thermomètre indiquait la température. Pour recueillir un peu du gaz à analyser, il suffisait de transporter l'éprouvette sur la cuve à mercure, de brasser le gaz trois ou quatre fois de suite et d'en recueillir quelques bulles dans un petit tube à essais transporté ensuite sur la cuve de l'appareil à analyses.

Quand les plantes étudiées atteignaient de grandes dimensions, j'utilisais soit des manchons cylindriques, soit des éprouvettes plates (en particulier pour les raquettes de Cactées), en communication avec des appareils à prises de gaz.

Un manchon cylindrique AB reposant sur une cuve à mercure C est pourvu, à sa partie supérieure d'un bouchon de liège traversé : — par le tube d'aspiration D communiquant avec l'appareil à prise G ; — par le thermomètre *t* destiné à indiquer la température du manchon ; — par le tube d'un manomètre à air libre *m* qui permet de mesurer la pression du gaz dans le

(1) E. Aubert : *Nouvel appareil de MM. Bonnier et Mangin pour l'analyse des gaz.* (Rev. gén. de Bot., t. III, p. 97.)

manchon et de vérifier si l'appareil est bien isolé de l'air extérieur, quand on y fait un vide partiel à l'aide de l'appareil à prise G.

Les tubes D et *m* ont une section intérieure qui ne dépasse pas 1 millimètre de diamètre.

Pour assurer la fermeture du manchon par le bouchon *b*, on enfonce totalement celui-ci de telle sorte qu'il forme, avec le

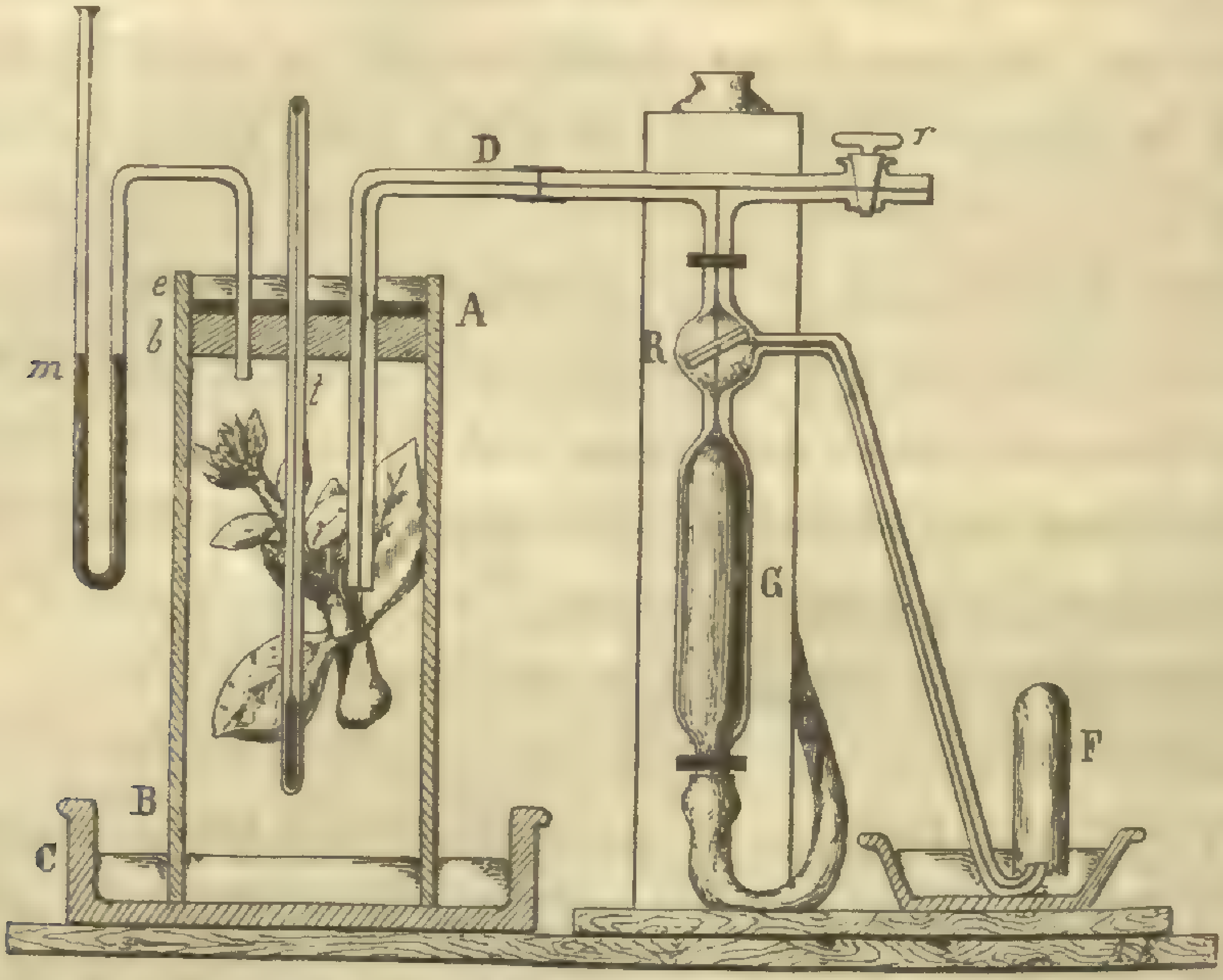


Fig. 56. — Appareil servant à l'étude de la respiration et de l'assimilation des plantes. AB, manchon destiné à recevoir la plante et reposant sur la cuve à mercure C; il est fermé en haut par un bouchon de liège *b*, une légère couche de mastic Golaz et une nappe de mercure *e* qui recouvre le tout ; D, tube de communication du manchon avec l'appareil à prise G ; F, petit tube dans lequel on recueille le gaz à analyser ; *r*, robinet servant à isoler l'appareil de l'air extérieur ; R, robinet à 3 voies permettant d'établir la communication de l'éprouvette G, soit avec le manchon pour le brassage du gaz, soit avec le tube F pour recueillir quelques bulles gazeuses ; *t*, thermomètre ; *m*, manomètre.

bord du manchon, une cuvette dans laquelle on verse du mastic Golaz fondu, en une couche de plusieurs millimètres d'épaisseur ; on chauffe cette couche de temps à autre avec une petite lampe Bunsen, ainsi que le bord du manchon, jusqu'à ce qu'il n'y ait ni bulles dans la couche de mastic, ni solution de continuité avec la paroi du verre. Sur le tout, on verse, au moment où l'appareil est définitivement installé, une nappe de mercure d'environ 1 centimètre d'épaisseur. (L'utilité de cette nappe de mercure provient de ce que parfois le mastic se fendille, d'une

manière à peine appréciable, il est vrai, pendant la durée d'une expérience. On évite ainsi une petite cause d'erreur, le mercure s'opposant à la communication, par les fentes, de l'air extérieur avec le gaz confiné.) Le tube D est mis en rapport avec l'appareil à prise par un bout de caoutchouc épais, recouvert d'une forte couche de gélatine glycérinée en fusion et appliquée au moyen d'un pinceau.

Marche d'une expérience. — On mouille intérieurement la paroi du manchon avec un linge, on y introduit la plante dont on a déterminé le poids frais; le manchon est enveloppé de papier noir et placé sur la cuvette C. La communication du tube D avec l'appareil à prise est établie, le robinet *r* ouvert et le mercure est versé sur le manchon en *e*. On recouvre de ouate, également coiffée de papier noir, la partie supérieure du manchon et une certaine longueur des tubes de verre *m* et D qui, par réfraction, laisseraient pénétrer un peu de lumière jusqu'à la plante.

Au bout d'un quart d'heure environ, une fois la température du manchon constante, on brasse l'air plusieurs fois à l'aide de l'appareil G, puis on fait passer 2 ou 3 centimètres cubes de ce gaz dans l'éprouvette F pour l'analyser.

On procède de même à la fin de l'expérience.

La marche suivie est à peu près la même en ce qui concerne la prise de gaz dans les éprouvettes plates.

Mesure du volume du gaz employé. — 1° Dans les petites éprouvettes cylindriques, j'ai soigneusement déterminé le niveau du mercure au début de l'expérience, à l'aide d'une grande étiquette dont le bord inférieur formait un plan tangent au ménisque du mercure, l'air de l'éprouvette étant à la pression atmosphérique.

L'expérience terminée, j'ai mesuré, à l'aide d'une pipette graduée en $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, la quantité d'eau, prise à la température du laboratoire, nécessaire pour remplir l'éprou-

vette jusqu'au niveau indiqué par l'étiquette, le ménisque concave de l'eau étant tangent à ce plan.

J'ai procédé de même avec les éprouvettes plates, mais en employant plusieurs étiquettes disposées sur les deux faces.

Cette détermination du volume gazeux, dans lequel la plante a été plongée au début, m'a servi pour apprécier et comparer l'intensité de la respiration chez les végétaux charnus ou non; elle n'était pas nécessaire pour l'établissement du rapport $\frac{CO^2}{O}$.

Ce procédé de mesure n'est pas à l'abri de toute critique; des bulles gazeuses peuvent rester adhérentes aux feuilles; je les ai éliminées avec une pointe fine quand il s'en est trouvé. Toutefois ces bulles se forment moins avec les plantes grasses qu'avec les végétaux ordinaires, car, en raison de leur turgescence, les feuilles charnues ont une surface lisse sur laquelle les bulles d'air se fixent plus difficilement.

2° L'évaluation du volume de gaz renfermé dans le manchon AB a été faite de plusieurs manières :

Première manière. — On mesure très exactement les dimensions intérieures de l'appareil, depuis le sommet (face inférieure du bouchon) jusqu'au niveau du mercure dans la cuve C, le gaz étant toujours pris à la pression atmosphérique au début. On soustrait, de ce volume, ceux de la plante, de la partie du thermomètre et des tubes qui y sont plongés. On ramène à 760 millimètres.

Deuxième manière. — Soit x le volume cherché de l'air dans le manchon, H la pression barométrique au début de l'expérience. Au moyen de l'appareil à prises, on enlève un volume v de gaz mesuré dans une petite éprouvette graduée en dixièmes de centimètre cube. La pression dans le manchon est devenue $(H\text{-}h)$ (h est mesuré au cathétomètre).

La valeur de x est tirée de la formule : $vH=(x\text{-}v)h$

$$x=\frac{v(\mathrm{H}+h)}{h}.$$

Cette marche serait préférable à la première, si l'on ne com-

mettait pas une petite erreur dans l'évaluation du volume *v*. En admettant que l'erreur atteint une $\frac{1}{2}$ division de l'éprouvette graduée, en puisant 8 centimètres cubes de gaz dans le manchon, on fait une erreur de $\frac{1}{20}$ du volume extrait. L'erreur totale commise est d'environ 10 centimètres cubes pour un volume $x = 1,600$ centimètres cubes.

De tels écarts auraient une réelle importance, si je devais me baser sur les volumes initial et final de l'air pour apprécier le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des échanges gazeux de la plante avec l'air dans lequel elle est renfermée. Il n'en est pas ainsi; je me sers uniquement du volume initial pour apprécier l'intensité du phénomène respiratoire chez le végétal, à une température déterminée.

La comparaison des intensités de la respiration chez les diverses plantes étant basée sur la moyenne d'un certain nombre d'expériences réalisées avec chaque espèce végétale, et la comparaison de ces moyennes exigeant, de la part de l'observateur, une marge assez large pour l'énoncé de ses conclusions, on voit que les erreurs auxquelles je viens de faire allusion n'ont plus, à ce point de vue, aucune portée et peuvent être considérées comme négligeables. (*A suivre.*)

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

Par M. Henri JUMELLE (*Suite*).

---

2. — Influence des hautes températures sur les Lichens.

Nos recherches ont surtout porté sur l'action des températures comprises entre 35° et 65°. Pour déterminer le temps pendant lequel les Lichens secs survivent à chacune de ces températures, nous avons examiné l'altération que présentent les fonctions assimilatrice et respiratrice lorsque les Lichens, retirés de l'étuve, sont de nouveau imbibés d'eau. Ces Lichens, ainsi soumis plus ou moins longtemps à des degrés de chaleur plus ou moins élevés, ont toujours été comparés, au point de vue de l'intensité de leurs fonctions, avec d'autres Lichens recueillis en même temps, et desséchés, mais non mis à l'étuve.

Ajoutons que jamais la plante n'a été exposée immédiatement à la température dont il s'agissait d'étudier l'influence ; elle a toujours été soumise d'abord à une température inférieure qui s'élevait peu à peu jusqu'au degré voulu.

1° Influence d'une température de 35°. — Nous n'avons guère besoin d'insister sur les expériences faites à 35° ; leur résultat peut être prévu après nos précédentes recherches sur les végétaux supérieurs. Nous les décrirons donc très rapidement.

Après être resté trois jours à 35°, un *Physcia parietina* a été placé dans une éprouvette et exposé au soleil. En quatre heures, il a décomposé 7,45 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 9,41 d'oxygène.

Un *Ramalina fraxinea* de nouveau imbibé d'eau après cinq jours, a décomposé à la lumière diffuse, 1,91 p. 100 d'acide carbonique et dégagé 2,50 d'oxygène.

Un *Physcia ciliaris*, après quatre jours, a décomposé à la lumière diffuse 10,73 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 13,53 d'oxygène.

En trois heures enfin, un *Cladonia rangiferina*, qui est resté pendant le même temps, à 35°, a décomposé, à la lumière diffuse, tout l'acide carbonique de l'air d'une éprouvette qui en renfermait, au début de l'expérience, 5 p. 100 environ.

Le résultat a été identique pour l'*Evernia prunastri*.

D'autres Cryptogames ont montré, après un séjour aussi prolongé à l'étuve à 35°, une semblable intensité d'assimilation.

Une Mousse, le *Dicranum scoparium*, qui était restée quatre jours à 35°, a fait disparaître, en deux heures, au soleil, tout l'acide carbonique de l'atmosphère d'une éprouvette qui en renfermait une proportion de 6 p. 100.

Il en a été de même pour les Algues.

Nous avons vu que ces végétaux, après dessiccation, sont encore capables de décomposer l'acide carbonique lorsque, de nouveau, on les imbibe d'eau. Des *Glœocapsa* et des *Trentepohlia*, ainsi desséchés, ont été laissés deux jours à 35°. Non plus que les plantes précédentes, ils n'ont perdu, au bout de ce temps, leur pouvoir assimilateur. En deux heures, par exemple, à la lumière diffuse, des *Glœocapsa* ont ainsi modifié l'atmosphère de l'éprouvette dans laquelle ils avaient été placés :

Acide carbonique décomposé..............	1,69 p. 100
Oxygène dégagé..........................	2 —

Les Lichens, et, semble-t-il, d'une façon assez générale, les Cryptogames cellulaires supportent donc, comme les végétaux supérieurs, un séjour prolongé à une température de 35°.

2° Influence d'une température de 40°. — Un *Physcia parietina* est resté, avec son substratum desséché, trois jours à 40°. Retiré de l'étuve, il a été détaché de la branche sur laquelle il se trouvait et a été imbibé d'eau.

Au soleil, il a alors décomposé 6,84 p. 100 d'acide carbonique et dégagé 7,41 d'oxygène.

L'assimilation a, comme on le voit, persisté, et le Lichen n'a pas souffert de son séjour prolongé à 40°. En effet, un autre *Physcia*, qui était resté le même temps à l'étuve et qui a été ensuite placé au dehors avec son substratum, a continué à vivre. Mis en expérience deux mois après, il décomposait encore l'acide carbonique aussi énergiquement qu'un Lichen normal.

Les résultats ont été un peu différents avec le *Physcia ciliaris*. Après deux jours à 40°, ce Lichen, mis dans une éprouvette à la lumière diffuse, a décomposé encore une quantité notable d'acide carbonique. Mais, après trois jours à l'étuve, toute assimilation avait disparu ; en quelques heures le Lichen, exposé au soleil, a absorbé tout l'oxygène de l'éprouvette.

Un *Ramalina fraxinea*, d'autre part, après un jour à l'étuve, a encore présenté les phénomènes d'assimilation, mais après deux jours, exposé à la lumière diffuse, il a, d'une façon analogue au précédent, absorbé 0,64 p. 100 d'oxygène, et rejeté 0,20 d'acide carbonique. Après trois jours, il a absorbé 1,80 d'oxygène et rejeté 1,31 d'acide carbonique.

Ainsi, au bout de deux jours, l'assimilation paraît se produire encore, car l'acide carbonique finalement rejeté est en petite quantité, mais cependant la respiration prédomine. Après trois jours, la respiration l'emporte de beaucoup.

Le *Ramalina fraxinea* et le *Physcia ciliaris* ont été, en résumé, déjà altérés par un séjour prolongé à 40°. Nous avons observé le même fait avec l'*Evernia prunastri*.

D'autres Cryptogames fournissent des résultats à peu près semblables.

Une Mousse, le *Dicranum scoparium*, maintenue trois jours à l'étuve, montre encore, au bout de ce temps, une assimilation intense. Une Hépatique, le *Frullania Tamarisci*, après quarante-huit heures de séjour à 40°, décompose encore activement l'acide carbonique ; après trois jours, pourtant, la respiration l'emporte sur l'assimilation.

Enfin les *Trentepohlia*, les *Glœocapsa* et ces amas gélatineux,

qui ont déjà servi à nos expériences précédentes et qui sont composés d'un mélange de *Glœocystis*, de *Stigonema* et de *Palmoglœa*, ont perdu, après être restées deux jours à l'étuve, tout pouvoir assimilateur. L'assimilation chez ces organismes, est même déjà très affaiblie et ne prédomine que faiblement sur la respiration, après vingt-quatre heures.

Les Cryptogames que nous venons de passer en revue présentent donc entre elles quelques différences au point de vue de la résistance à la chaleur. D'une façon générale, toutefois, la durée de cette résistance à une température de 40° paraît assez limitée; elle est d'un jour ou de deux, ou exceptionnellement de trois jours. Après ce temps la respiration, il est vrai, continue, mais l'assimilation est arrêtée.

3° Influence d'une température de 45° environ. — La température, dans les expériences qui suivent, a été, au maximum, de 45°, mais elle est descendue à plusieurs reprises à 40°. Elle a oscillé, en somme, entre 40° et 45°.

Nous résumons dans le tableau suivant les résultats obtenus pour des *Ramalina fraxinea* mis à l'étuve à 40-45°, avec les rameaux sur lesquels ils s'étaient développés. Les volumes de gaz indiqués sont les volumes d'oxygène ou d'acide carbonique absorbés ou dégagés par 1 gramme (poids sec) de Lichen. Le signe +, en face du nombre, indique, qu'il y a eu rejet de gaz par la plante; le signe — indique, au contraire, qu'il y a eu absorption.

Durée du séjour à 45°.	Échanges gazeux à l'obscurité, en 17 heures.		Échanges gazeux à la lumière, en 8 heures.	
	Volume d'oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Volume d'acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	Volume d'acide carbonique dégagé (+) ou absorbé (—) par 1 gr. de Lichen.	Volume d'oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
1 jour	3,728	3,280	+1,955	—2,222
2 jours	4,236	3,582	+2,288	—2,692
3 —	1,691	1,437	+2,450	—2,987
4 —	1,353	1,109	+0,958	—1,169
Non mis à l'étuve	1,141	4,113	—3,00	+3,240

Le *Physcia ciliaris* mis à l'étuve dans les mêmes conditions que le *Ramalina fraxinea*, nous a donné d'autre part les résultats suivants.

DURÉE DU SÉJOUR à 45°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.		ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 8 heures.	
	Volume d'oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Volume d'acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	Volume d'acide carbonique décomposé (—) ou rejeté (+) par 1 gr. de Lichen.	Volume d'oxygène absorbé (—) ou dégagé (+ par 1 gr. de Lichen.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
1 jour.............	3,078	2,462	+2,000	—2,500
2 jours.............	2,868	2,208	»	»
3 —	2,039	1,733	+1,407	—1,664
5 —	1,548	1,393	+2,664	—3,210
Non mis à l'étuve...	2,629	2,103	—2,027	+2,331

Un *Dicranum scoparium* qui est resté vingt-quatre heures à l'étuve entre 40° et 45° a été également mis en expérience.

En trois heures, au soleil, 1 gramme (poids sec) de cette Mousse a absorbé $0^{cc},184$ d'oxygène et rejeté $0^{cc},127$ d'acide carbonique.

Pendant le même temps 1 gramme d'une Mousse qui n'a pas été mise à l'étuve a décomposé $2^{cc},003$ d'acide carbonique et rejeté $2^{cc},403$ d'oxygène.

L'assimilation de la première Mousse a été ainsi supprimée par un séjour de vingt-quatre heures à une température oscillant entre 40° et 45°.

Avec les Algues, les phénomènes sont identiques.

Pendant que des *Trentepohlia* laissés dans les conditions ordinaires décomposent au soleil 1,86 p. 100 d'acide carbonique, des *Trentepohlia* mis vingt-quatre heures à l'étuve absorbent 0,58 p. 100 d'oxygène et dégagent 1,03 d'acide carbonique.

Des *Glœocapsa* normaux décomposent 0,92 p. 100 d'acide carbonique dans une éprouvette au soleil ; pendant le même temps et dans les mêmes conditions, des *Glœocapsa*, qui ont été vingt-quatre heures à 42° environ, dégagent 1,57 p. 100 de ce même gaz.

Les *Palmoglœa*, les *Clœocystis*, les *Stigonema* se comportent d'une façon analogue.

Dans une expérience faite avec le *Physcia ciliaris*, la température est restée constamment égale à 45° pendant douze heures; le Lichen a été ensuite retiré de l'étuve. Son pouvoir assimilateur avait complètement disparu, mais la respiration était encore très énergique.

Toutes les recherches que nous venons de décrire nous montrent maintenant une différence assez nette entre les Cryptogames cellulaires et les végétaux supérieurs. Pour ceux-ci, nous avons vu qu'une température persistante de 45° les tuait rapidement. Le *Cocos*, le *Pelargonium* et l'*Epicea*, non seulement n'assimilaient plus, mais même, à l'obscurité, ne respiraient plus. Chez les Cryptogames au contraire, l'assimilation est supprimée, et assez rapidement puisqu'on ne peut plus l'observer après douze heures à 45°, mais la respiration continue. En ce qui concerne plus particulièrement les Lichens, on voit en outre, en examinant les deux tableaux que nous avons donnés plus haut, que l'intensité respiratoire, après deux jours pour le *Ramalina fraxinea*, après trois jours pour le *Physcia ciliaris*, est presque aussi grande que lorsque le Lichen n'a pas été mis à l'étuve.

Chez un *Ramalina fraxinea* qui est resté sept jours à 45° la respiration persiste encore, et même énergiquement, puisque, en sept heures, 1 gramme (poids sec) a absorbé 2^{cc},370 d'oxygène pendant que le même poids d'un autre *Ramalina* non mis à l'étuve en absorbait 3 centimètres cubes.

L'action nuisible de la chaleur semble donc s'être portée exclusivement sur l'assimilation, ou plutôt sur l'agent de cette fonction, la chlorophylle. Ce mode d'action s'exercerait ainsi quel que soit l'état de la plante, sec ou humide, puisque les Lichens précédents qui ne renfermaient plus d'eau et étaient à l'état de vie latente n'ont guère mieux résisté sous ce rapport que les végétaux supérieurs, contenant dans leurs cellules une certaine proportion d'eau. Chez les uns comme chez les autres on peut, il est vrai, constater parfois une persistance de l'assimilation, après qu'ils sont restés plusieurs jours à 40°, mais en

général, le phénomène disparaît au bout de vingt-quatre ou de quarante-huit heures.

Pour la respiration, au contraire, les effets de la chaleur seraient tout différents, suivant que la plante renferme ou non, une certaine quantité d'eau. Tandis, en effet, que les végétaux supérieurs, qui ne peuvent être mis secs à l'étuve puisque l'eau fait partie de leur constitution, meurent déjà à 45°, les Cryptogames inférieurs continuent à respirer. Chez les Lichens, la respiration est même restée longtemps encore normale; comme si le protoplasme, peut-être à cause de la non-coagulation des matières albuminoïdes, n'avait pas encore subi la moindre altération.

Pour nous résumer, il y aurait en quelque sorte deux moments dans l'altération que subit à haute température, le Lichen pouvant passer à l'état de vie latente.

1° La chlorophylle s'altérerait d'abord à la même température et à peu près aussi rapidement que chez les végétaux ne pouvant se dessécher. Sous ce rapport il serait presque indifférent qu'il y ait, ou non, de l'eau dans la cellule.

2° Le protoplasme ne s'altérerait, par contre, que bien plus tard, la respiration restant encore normale alors que l'assimilation n'a plus lieu. Dans ce cas, les choses se passeraient tout différemment en présence ou en l'absence d'eau de constitution.

Ce sont là, du moins, les conclusions qui paraissent découler des expériences précédentes. Les recherches qui vont suivre nous montreront si nous devons définitivement les formuler sans restriction, en même temps qu'elles nous permettront de préciser le temps pendant lequel, à des températures encore plus élevées, le protoplasme conserve encore ses fonctions normales, quand l'assimilation est déjà supprimée.

4° Influence d'une température de 50°. — Les tableaux suivants indiquent les volumes de gaz absorbés ou dégagés à la lumière et à l'obscurité, par 1 gramme (poids sec) de Lichen, après un séjour variable à 50°.

1° **Evernia prunastri** MAINTENU A 50° AVEC SON SUBSTRATUM.

DURÉE DU SÉJOUR à 50°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 heure.	6,750	5,265	0,78	+0,231	—0,164	$\frac{O}{C} = 1,40$
3 —	2,236	1,811	0,81	»	»	
5 —	2,880	2,300	0,80	—0,873	+0,646	
7 —	2,407	2,160	0,90	»	»	
10 —	3,418	3,110	0,91	—0,905	+0,724	
14 —	1,733	1,611	0,93	—2,240	+2,464	
20 —	2,202	1,872	0,85	—0,390	+0,330	
Non mis à l'étuve.	3,800	3,116	0,82	+1,649	—1,513	$\frac{O}{C} = 1,09$

2° **Evernia prunastri** MAINTENU A 50° AVEC SON SUBSTRATUM.

DURÉE DU SÉJOUR à 50°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures,		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décompose (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 heure.	2,578	1,933	0,75	+0,639	—0,477	$\frac{C}{O} = 1,34$
3 —	3,054	2,504	0,82	—0,625	+0,475	
7 —	4,181	2,926	0,70	»	»	
14 —	3,682	2,761	0,75	—1,416	+0,902	
Non mis à l'étuve.	3,855	2,930	0,76	+1,687	—1,318	$\frac{O}{C} = 1,28$

3° **Ramalina farinacea** MAINTENU A 50° AVEC SON SUBSTRATUM.

DURÉE DU SÉJOUR à 50°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANCES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 heure.	4,248	3,270	0,77	+1,256	—1,222	$\frac{O}{C}=1,03$
3 —	2,640	1,953	0,74	—0,246	+0,159	
5 —	1,428	1,000	0,70	—0,213	+0,424	
7 —	0,492	0,344	0,70	—0,775	+0,898	
14 —	1,157	0,927	0,80	»	»	
Non mis à l'étuve.	4,169	3,252	0,78	+1,902	—1,653	$\frac{O}{C}=1,15$

4° **Ramalina fraxinea** MIS DANS LES MÊMES CONDITIONS QUE LES PRÉCÉDENTS.

DURÉE DU SÉJOUR à 50°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen,	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 heure.	3,016	2,413	0,80	+1,012	—0,873	$\frac{O}{C}=1,16$
3 —	2,829	2,207	0,78	+0,332	—0,277	$\frac{O}{C}=1,20$
5 —	3,096	2,662	0,86	—0,126	+0,088	
7 —	2,623	1,916	0,73	—0,126	+0,100	
14 —	1,275	1,020	0,80	»	»	
20 —	1,435	1,076	0,75	—0,656	+0,492	
Non mis à l'étuve.	3,691	2,916	0,79	+1,308	—1,014	$\frac{O}{C}=1,29$

5° **Physcia ciliaris** LAISSÉ A L'ÉTUVE A 50° COMME LES PRÉCÉDENTS.

DURÉE DU SÉJOUR à 50°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 heure.	2,157	1,747	0,81	+0,653	—0,588	$\frac{O}{C}=1,11$
3 —	1,566	1,174	0,75	+0,406	—0,312	$\frac{O}{C}=1,30$
5 —	1,689	1,430	0,85	—0,219	+0,199	
7 —	3,800	3,192	0,84	+0,456	—0,304	
14 —	3,164	2.689	0,85	—0,335	+0,234	
20 —	3,237	2,590	0,80	—0,325	+0,230	
Non mis à l'étuve.	3,121	2,341	0,75	+2,902	—2,341	$\frac{O}{C}=1,24$

6° **Cladonia rangiferina** LAISSÉ DE MÊME A L'ÉTUVE A 50°.

DURÉE DU SÉJOUR à 50°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 heure.	1,730	1,384	0,80	—0,368	+0,322	
3 —	0,807	0,621	0,77	»	»	
5 —	0,980	0,833	0,85	+0,251	—0,206	$\frac{O}{C}=1.22$
14 —	0,627	0,502	0,80	—1,224	+0,979	
Non mis à l'étuve.	1,750	1,487	0,85	+0,780	—0,577	$\frac{O}{C}=1,37$

Enfin nous pouvons encore citer une expérience faite avec un Lichen crustacé, le *Lecidea sulfurea*, qui forme ces taches jaunes si fréquentes sur les rochers.

Un morceau de roche, recouvert par ce Lichen, a été laissé trois heures à 50°, et mis ensuite en expérience au soleil, comme

les Lichens précédents. La résultante des échanges gazeux s'est traduite par une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique. Pendant le même temps, un *Lecidea sulfurea* qui n'avait pas été mis, au préalable, à l'étuve, a décomposé l'acide carbonique de l'air et rejeté de l'oxygène.

Tous ces résultats concordent entre eux. Nous avons vu, par les expériences de Sachs rappelées plus haut, qu'un séjour de dix minutes à 50° suffit, en général, pour tuer complètement les végétaux supérieurs. Il ressort des tableaux précédents que les Lichens, à l'état de vie latente, se comportent un peu différemment.

Non-seulement un séjour de dix minutes à cette même température est sans influence sur la vie de ces végétaux, mais, même au bout d'une heure, la décomposition d'acide carbonique est encore assez énergique pour prédominer sur la respiration. Il est vrai qu'elle est, néanmoins très-ralentie, et inférieure à l'assimilation normale des échantillons non mis à l'étuve.

Quant à la respiration, elle n'est, en moyenne sensiblement affaiblie qu'après que l'action de la chaleur s'est exercée pendant dix à quinze heures. Au bout de vingt heures, le *Physcia ciliaris* (5e tableau) respire même encore aussi énergiquement que le *Physcia* laissé à la température ordinaire.

Nous retrouvons ainsi à 50 degrés les faits déjà observés à 40° et 45°, à savoir : une disparition de la fonction assimilatrice un peu plus tardive que chez les végétaux supérieurs, mais cependant très rapide ; une persistance, au contraire, assez prolongée de la respiration.

On conçoit d'ailleurs que le temps exact pendant lequel se poursuivent normalement à ces températures l'une et l'autre de ces fonctions doit dans de certaines limites, varier avec l'espèce que l'on considère. C'est ainsi que, dans les tableaux précédents, l'*Evernia prunastri* et le *Physcia ciliaris* paraissent avoir une résistance un peu plus grande que les *Ramalina* et le *Cladonia rangiferina*.

Dans une même espèce, il faut, en outre, tenir compte des variations individuelles. Car il en est évidemment des Lichens

comme des graines, l'élévation de température, alors même qu'elle n'est pas assez forte pour entraîuer, d'une façon générale, la mort de l'espèce, augmente toutefois pour l'individu les risques dépérissements. Les exemplaires de constitution tout à fait normale survivent seuls, en définitive.

De là résulte qu'à une température, que l'espèce, en elle-même, peut supporter, on trouve souvent nombre d'échantillons qui succombent; la proportion en est d'autant plus grande que le degré de chaleur est plus élevé.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Suite*).

16° *Fécondation et embryogénie.*

On sait que chez les Gymnospermes le grain de pollen est cloisonné et se montre formé suivant les cas de 2 cellules dont l'une grande et l'autre petite, ou de 3 dont 1 grande et 2 petites, ou de 4 dont 1 grande et 3 petites; d'après l'opinion courante inspirée surtout par les travaux de M. Strasbürger, la petite cellule ou les petites cellules quand il y en a plusieurs seraient purement végétatives et resteraient sur le nucelle, la grande cellule formerait le tube pollinique et interviendrait seule dans la fécondation. Pour M. W.-C. Belajeff (1), les choses se passeraient tout autrement. Voici par exemple ce qu'il a observé dans le *Taxus baccata*. Un grain de pollen

Fig. 57. — Tube pollinique de *Taxus baccata*; à sa base on voit une petite cellule et le noyau de la grande (d'après Balajeff).
Fig. 58. — Tube pollinique de *Taxus baccata*; à sa base on voit deux petites cellules, et vers son sommet le noyau de la grande (d'après Balajeff).

de cette plante étant placé sur une ovule se divise en 2 cellules, 1 supérieure petite et 1 inférieure plus grande (fig. 1). La grande cellule se développe en un tube pollinique, son noyau se tenant toujours vers la partie inférieure du tube. Lorsque celui-ci a atteint une certaine longueur, la petite cellule demeurée en arrière donne naissance à une autre cellule qui reste aussi de petite taille; ces 2 cellules sont superposées comme l'indique la figure 2, et occupent toute la région postérieure du tube pollinique; la cellule inférieure se met alors en mouvement se dirigeant vers le nucelle à travers le tube pollinique; en même temps la petite cellule demeurée en arrière perd sa membrane, et son noyau accompagne la cellule inférieure (fig. 3); l'une et l'autre arrivent bientôt à la partie inférieure du tube pollinique qui à ce moment est parvenu au contact de l'archégone. Le noyau

(1) W. C. Belajeff : *Zur Lehre von den Pollenschlauche der Gymnospermen* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. IX, Heft 8, p. 280-286, 1 pl., 1891).

de la petite cellule détruite et le noyau de la grande cellule qui a fourni le tube pollinique se placent côte à côte sur l'un des flancs de la cellule mobile; celle-ci divise son noyau en deux l'un postérieur, petit et lenticulaire, l'autre plus gros et arrondi; c'est ce dernier qui avec une portion du plasma de la cellule qui le contient féconde l'œuf. M. Belajeff n'a pu savoir ce que deviennent les deux noyaux accolés précédemment à la cellule mâle. L'auteur ayant fait des observations analogues chez le *Juniperus communis*. Il admet que ce processus doit être commun à toutes les Gymnospermes. Dans

Fig. 59. — Tube pollinique de *Taxus baccata*; la petite cellule inférieure accompagnée du noyau de la supérieure arrive vers le sommet du tube pollinique au voisinage du noyau de la grande cellule (d'après Balajeff).

Fig. 60. — Archégone à peine fécondée surmontée du tube pollinique renfermant le reste de la cellule mobile dont le noyau aplati et une portion du protoplasma ont seuls persisté (d'après Balajeff).

le cas où le même tube pollinique se divise en plusieurs branches et féconde ainsi plusieurs archégones, M. Belajeff est disposé à admettre que la cellule fécondante se divise en plusieurs cellules de façon à ce que chaque ramification du tube pollinique reçoive la sienne.

Les recherches de MM. Strasbürger, Warming, Guignard, etc., nous ont appris que le développement intime des organes femelles et le processus de la fécondation présentent chez les Angiospermes une remarquable uniformité à peine nuancée par quelques déviations dans des points de détail. Cette marche si uniforme se trouve être en même temps très différente de celle qu'on observe chez les Gymnospermes et chez les Cryptogames vasculaires. M. Treub (1) vient de trouver dans les Casuarinées des faits si peu semblables à ceux que présentent les autres Angiospermes et en même temps si particuliers qu'il a été conduit à la création d'un nouveau groupe de Phanérogames, ayant la même valeur que les Dicotylédones et les Monocotylédones réunies, sans d'ailleurs représenter une transition, soit vers les Gymnospermes, soit vers les Cryptogames vasculaires.

Pour des raisons de technique les recherches de l'auteur ont porté presque exclusivement sur le *Casuarina suberosa*. La fleur femelle, dépourvue de

(1) M. Treub : *Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel*, (Annales du jardin botanique de Buitenzorg, vol. X, p. 145-231, pl. XII-XXXII, 1891).

périanthe naît à l'aisselle d'une écaille et est accompagnée de deux bractées latérales. Elle est formée de deux carpelles antéro-postérieurs, concrescents par leurs bords libres et limitant une petite cavité ovarienne qui bientôt s'oblitère de façon à se réduire à une simple fente ; l'ovaire est surmonté d'un style dans lequel l'auteur distingue une partie centrale parenchymateuse ou « cylindre stylaire » et une partie périphérique très riche en trachéides ; le style porte deux stigmates allongés. La formation des ovules débute par l'apparition de part et d'autre de la fente qui représente le dernier vestige de la cavité, de deux protubérances opposées qui poussant l'une contre

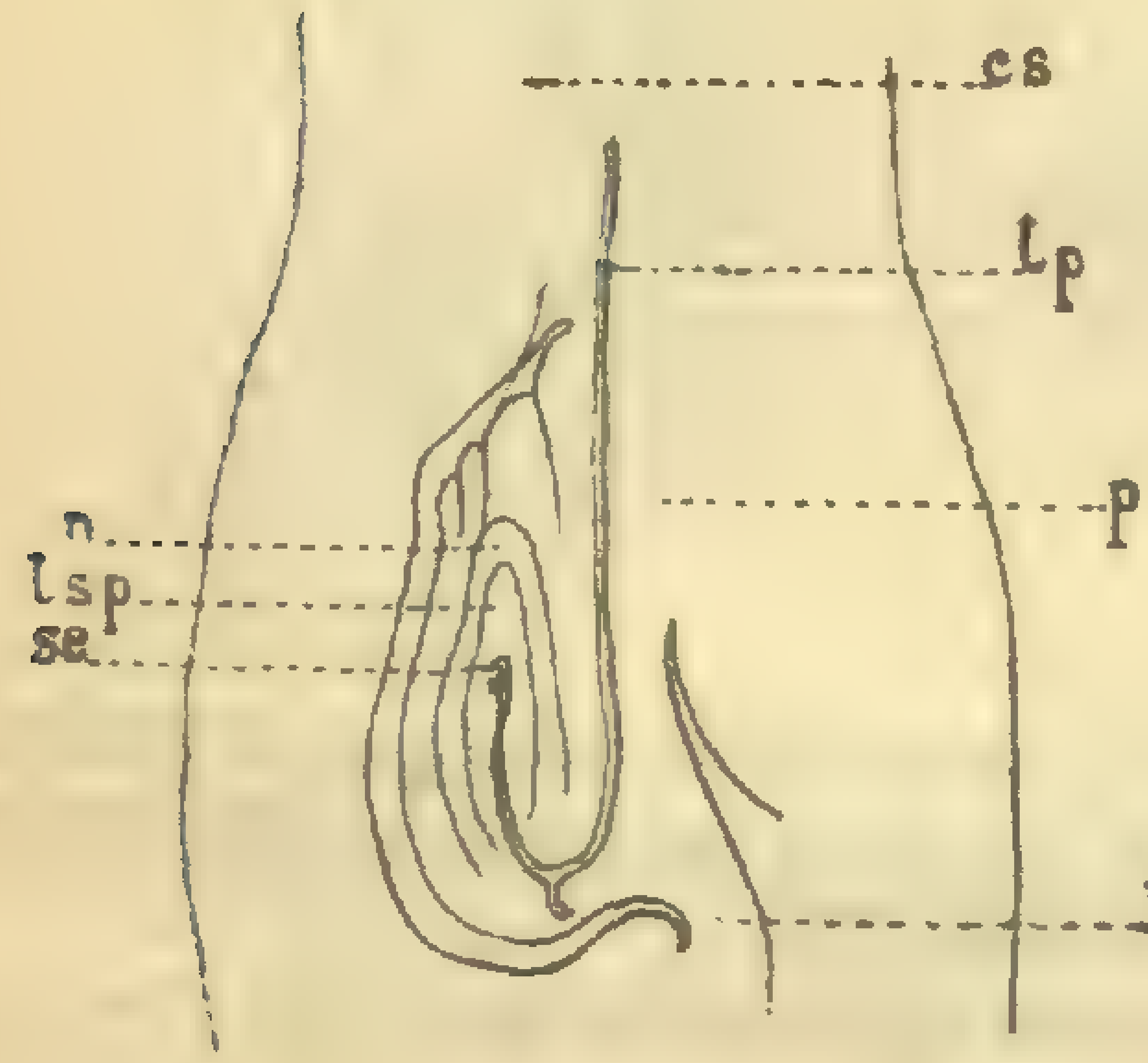


Fig. 61. — Section axile schématique d'un ovaire et de son ovale au moment de la fécondation. *Cs*, cylindre stylaire ; *p*, pont unissant les tissus de l'ovule à la base du cylindre stylaire ; *f*, funicule ; *n*, nucelle ; *tsp*, tissu sporogène ; *se*, sac embryonnaire ; *tp*, tube pollinique dans son trajet à travers le cylindre stylaire, le pont, la région chalazienne où après avoir émis une courte branche postérieure il pénètre dans le nucelle et atteint le sac embryonnaire ; son extrémité fixée au sac embryonnaire commence à s'isoler par étirement (d'après Treub).

Fig. 62. — Section axile d'un nucelle avant la fécondation ; des queues de macrospores pénètrent dans la région chalazienne et même dans le faisceau du funicule (d'après Treub).

Fig. 63. — Sac embryonnaire avec une extrémité de tube pollinique détachée et soudée à sa paroi. *o*, oosphère ; *cv*, cellule voisine ; *tp*, tube pollinique (d'après Treub).

l'autre déterminent la réapparition de la cavité ovarienne. Dès le début ces protubérances sont reliées par des cordons celluleux à la base du cylindre stylaire. C'est là l'origine de l'adhérence des ovules au sommet de la cavité ovarienne, adhérence signalée par M. Poisson, mais considérée par lui à tort comme tardive. Les parties placentaires des deux ovules arrivent au contact l'une de l'autre, et une concrescence intervenant, la cavité ovarienne se trouve être en cet endroit partagée en deux par la masse celluleuse qui en résulte. L'un des deux ovules cesse bientôt de s'accroître et lorsque l'autre est complètement développé, il est relié à la partie inférieure de l'ovaire par le funicule et à la base du cylindre stylaire par une sorte de

pont cellulaire (fig. 1). Faute d'avoir suivi le développement des ovules, les auteurs avaient émis sur leur direction, leur insertion et leurs rapports avec les parois de l'ovaire, les opinions les plus contradictoires et les plus inexactes; seules les indications fourines par M. Bornet à MM. Le Maoust et Decaisne se trouvent vérifiées. Les ovules sont habituellement au nombre de deux; il est rare qu'il ne s'en forme qu'un ou plus de deux; quoi qu'il en soit un seul arrive à son complet développement et est fécondé, les autres avortent; quel que soit leur nombre, ils sont semi-anatropes et leur insertion est latérale.

Le nucelle des Casuarinées présente jusqu'au moment de la fécondation une série de transformations et de phénomènes tellement différents de ce qu'on observe chez les autres Angiospermes qu'on est obligé de chercher les termes de comparaison parmi les Gymnospermes et les Cryptogames vasculaires. D'après M. Treub, l'« archéspore » est représentée par plusieurs grandes cellules sous-épidermiques. Certaines d'entre elles se cloisonnent donnant naissance à des « cellules-mères primordiales »; celles-ci par une série de cloisonnements produisent une grande masse de « tissu sporogène » occupant toute la partie centrale du nucelle. Chacun des éléments de ce tissu correspond, d'après l'auteur, à une cellule-mère de sac embryonnaire des autres Angiospermes. Par cloisonnement transversal les cellules du tissu sporogène peuvent donner naissance à trois sortes d'éléments : des cellules très grandes ou « macrospores » correspondant au sac embryonnaire des autres Angiospermes, des cellules « inactives » petites, destinées à servir au développement des précédentes et chez les *Casuarina glauca* et *C. Rumphiana* des trachéides.

Les macrospores au nombre d'une vingtaine, en général s'allongent beaucoup, poussant vers la chalaze leurs prolongements ou « queues » dont certains s'insinuent entre les éléments du tissu conducteur du funicule (fig. 2). Contrairement à ce qui se passe chez les autres Phanérogames la croissance des jeunes macrospores ne se fait pas en premier lieu aux dépens de leurs cellules-sœurs. Les macrospores qui se développent bien renferment dans leur sommet deux ou trois cellules rarement une seule; dans l'une des macrospores rarement dans plusieurs, ces cellules sont pourvues d'une membrane de cellulose; c'est le futur sac embryonnaire; l'une des cellules est « l'oosphère » l'autre ou les deux autres sont les « cellules voisines »; par leur mode de formation aux dépens d'une cellule unique, les cellules voisines correspondent non à des synergides mais à des cellules de canal de Gymnospermes ou de Cryptogames vasculaires; le sac embryonnaire ne renferme jamais de cellules antipodes; on sait en outre que chez les autres Angiospermes l'apparition d'une membrane de cellulose autour de l'oosphère accompagne mais ne précède jamais la fécondation.

On sait que chez les Gymnospermes, le grain de pollen traverse le micropyle et ne commence à germer que lorsqu'il est arrivé au contact du nucelle; on sait aussi que chez les Angiospermes, le tube pollinique après un parcours plus ou moins long à travers le stigmate et le style, entre dans la cavité ovarienne et pénètre dans le micropyle. Chez les Casuarinées, le tube pollinique après avoir parcouru le cylindre stylaire, traverse le « pont » parcourt

les tissus de l'ovule jusqu'à la chalaze et c'est par cette voie qu'il parvient jusqu'au sac embryonnaire, c'est-à-dire qu'il ne traverse jamais la cavité ovarienne et n'a aucun rapport avec le micropyle. Arrivé dans la chalaze, le tube pollinique fournit un ou deux rameaux courts et profitant d'une queue de macrospore stérile qu'il parcourt dans toute sa longueur, il pénètre dans la nucelle; plus loin, il abandonne la macrospore et va se fixer en un point de la surface du sac embryonnaire qui est variable mais jamais voisin de l'appareil sexuel. Vers le milieu du nucelle, le tube pollinique ne tarde pas à se rompre par étirement et sa portion terminale reste seule en rapport avec le sac embryonnaire. L'auteur n'a jamais vu qu'un seul tube pollinique pénétrer dans l'ovule.

M. Treub n'a pas pu observer le phénomène intime de la fécondation, mais il pense que le noyau mâle doit traverser le sac embryonnaire pour arriver jusqu'à l'oosphère, à laquelle il parviendrait ainsi par en bas.

Avant la fécondation, il se forme dans le sac embryonnaire de nombreux noyaux « prothalliens » qui après la fécondation s'entourent de membranes et donnent naissance à l'endosperme. Le développement de l'embryon est analogue à celui des autres Angiospermes.

Après avoir comparé au point de vue de l'évolution du nucelle et de la fécondation, les Casuarinées avec les familles voisines, M. Treub conclut que les *Casuarina* occupent parmi les Angiospermes une place tout à fait exceptionnelle qui leur revenait déjà, d'ailleurs, par les caractères tirés de leurs organes végétatifs. Cette place est d'ordre inférieur comme le montre en particulier le grand nombre de leurs macrospores. Lorsque l'angiospermie a pris naissance, dit-il, le tube pollinique, après avoir parcouru le style, a suivi deux voies pour arriver jusqu'au sac embryonnaire; dans la presque totalité des Angiospermes, il a continué à emprunter le chemin suivi autrefois par les grains de pollen, c'est-à-dire le micropyle; dans d'autres végétaux, dont les Casuarinées sont sans doute aujourd'hui les seuls représentants, il a pris pour effectuer la fécondation, la voie de la chalaze. Durant cette période éloignée d'apprentissage du tube pollinique, les Casuarinées ont eu des affinités avec les ancêtres des Gymnospermes et des Dicotylédones actuelles. De souche ancienne, le genre *Casuarina* occupe une position isolée parmi les Angiospermes d'aujourd'hui comme le fait par exemple le genre *Lycopodium* parmi les Cryptogames vasculaires.

Comme conclusion de cette remarquable étude, M. Treub propose la division suivante des Angiospermes.

Sous-embranchement :

ANGIOSPERMES.

Subdivision :	*Subdivision :*
CHALAZOGAMES.	POROGAMES.
Classe :	*Classes :*
Chalazogames.	*Monocotylédones*, *Dicotylédones.*

Actuellement les Casuarinées forment la seule famille de la classe des Chalazogames. Il est superflu d'ajouter que les Chalazogames sont beaucoup plus voisines des Dicotylédones que des Monocotylédones.

A l'inverse d'un grand nombre de botanistes qui regardent les cellules antipodes comme un organe rudimentaire sans signification physiologique actuelle, M. Westermaier (1) considère ces éléments comme constituant un appareil à fonctions bien définies. Pour lui en effet les cellules antipodes interviennent efficacement dans la nutrition de l'embryon ou ce qui revient au même de l'endosperme, soit que ces cellules par leur position à la base du sac embryonnaire servent au transport des matières nutritives, soit qu'elles élaborent les aliments de l'embryon. Il en serait ainsi en particulier chez les Renonculacées et les Graminées. Dans d'autres plantes (*Zea*, *Salvia pratensis*) leur importance serait moindre mais non nulle, puisqu'elles représenteraient les débuts de l'endosperme.

On sait que chez un grand nombre de Dicotylédones, le sac embryonnaire ne contribue pas tout entier à la formation du contenu de la graine, fréquemment une région plus ou moins considérable du sac reste en dehors de ce processus. Dans beaucoup de cas d'ailleurs l'endosperme en se développant finit par remplir entièrement la cavité du sac embryonnaire. Parfois cependant, il n'en est pas ainsi et la région du sac demeurée stérile s'isole de la région fertile par une cloison. Jusqu'ici ces derniers faits n'avaient été observés que dans les Scrophularinées, Plantaginées, Nymphéacées et Aroïdées (*Anthurium*). D'après M. F. Hegelmaier (2), il faut ajouter à ces quatre familles les diverses espèces du genre *Linum*.

M. Douglas H. Campbell (3) ayant suivi les premiers stades de la germination de la macrospore de l'*Isoetes echinospora* Durieu, a constaté que le tissu cellulaire dense qui apparaît tout d'abord dans sa cavité se forme par un processus analogue à celui qui, dans le sac embryonnaire des Phanérogames aboutit à la formation de l'endosperme. C'est là un nouveau caractère à ajouter à tous ceux qui rapprochaient déjà les Isoëtées des Phanérogames.

17° *Germination et Développement.*

M. Th. Holm (4) a décrit et figuré les divers stades de la germination d'un grand nombre d'espèces de plantes américaines appartenant à des familles variées. L'auteur a constaté que dans beaucoup de cas les caractères des plantules en germination sont assez nets pour permettre la distinction de genres ou d'espèces d'une même famille. Certaines plantules même, comme celles des *Sarracenia* et des *Dionæa* ne peuvent se confondre avec aucune autre. Il résulte en outre de ses observations que la racine primaire des

(1) Westermaier : *Zur Embryologie der Phanerogamen, insbesondere über die sogenamten Antipoden* (Nova Acta d. Kais. Lopoldinisch-Carolinischen deutschen Akademie der Naturfoscher, Bd. LVII, n° 1).

(2) F. Hegelmaier : *Ueber partielle Abschnürung und Obliteration des Keimsacks* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. IX, Heft 8, p. 257-265).

(3) Douglas H. Campbell : *Die erste Keimungsstadien der Makrospore von Isoëtes echinospora Durieu* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 3, p. 97-100, 1890).

(4) Th. Holm : *Contributions to the knowledge of the Germination of some North American Plants* (Memoirs of the Torrey botanical Club, Vol. 2, n° 3, p. 57-108, 15 pl., avril 1891).

Monocotylédones n'a pas toujours été une durée aussi éphémère qu'on l'admet ordinairement; elle peut dans divers cas atteindre un développement relativement considérable et peut même persister très longtemps, par exemple dans les genres *Attalea*, *Yucca*, *Anthurium*.

L'*Adlumia cirrhosa* est une Fumariacée qui, d'après M. E. Heinricher (1), présente cette particularité que ses graines peuvent germer dans le péricarpe, la plumule et la radicule se faisant jour entre les fentes des valves. L'épiderme intérieur du péricarpe est formé de grandes cellules lignifiées fortement ponctuées séparées par de larges méats; ces cellules paraissent riches en eau; l'auteur les considère comme un renfermant une réserve aqueuse destinée à faciliter la germination de la graine.

M. D. Clos (2) signale aussi un cas de germination de graines dans leur péricarpe, présenté par une Cactée, le *Pereskia portulacæfolia*.

On sait que dans les Conifères, le processus de la germination est habituellement normal. M. Ed. Heckel (3) ayant fait germer des graines d'*Araucaria Bidwilli*, a constaté que cette plante présente dans son développement une anomalie intéressante. Dès que les cotylédons et la radicule se sont fait jour à travers les téguments, l'axe hypocotylé se renfle en un tubercule volumineux terminé inférieurement par une racine et formé aux dépens de la graine dont les restes pourrissent et tombent ainsi que la partie moyenne et supérieure des cotylédons. Ces tubercules se développent ensuite plus facilement que les graines elles-mêmes en une plante adulte. Ce processus germinatif est simplement esquissé dans l'*Araucaria brasiliensis*.

On sait que, d'après M. Nobbe, les individus de *Matthiola annua* issus de graines à germination rapide se développent plus promptement, fleurissent d'une manière plus régulière et plus constante, présentent plus fréquemment des fleurs doubles, ont un poids sec plus élevé et sont plus vigoureux que les individus issus de graines à germination lente. M. J. Mac Leod, G. Staes et G. Van Eeckhaute (4) ayant repris les expériences de M. Nobbe ont obtenu des résultats analogues. Mais des expériences du même genre entreprises sur le *Delphinium Ajacis* (*elatior flore pleno*) n'ont pas montré de différences sensibles entre les divers individus bien que la durée de leur germination eût été très variable.

En 1888, M. H. de Vries (5) avait trouvé dans ses cultures de Maïs, 12 p. 100 d'individus stériles. Des graines empruntées à un individu presque stérile furent mises à part; en outre, le pollen d'un individu dépourvu de spadices servit à féconder les spadices d'un individu fertile; les graines issues de ce

(1) E. Heinricher: *Ueber einen eigenthümlichen Fall von Ungestaltung einer Oberhaut und dessen biologische Deutung* (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien., Bd. XCIX, Heft 1-3, p. 25-39, 1890).

(2) D. Clos : *Singulier cas de germination des graines d'une Cactée dans leur péricarpe* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CXI, p. 954, 1890).

(3) Ed. Heckel : *Sur la germination des graines d'Araucaria Bidwillii et A. brasiliensis* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CXIII. p. 816, 1891).

(4) J. Mac Leod, G. Staes et G. Van Eeckaute : *Cultuur proeven met Matthiola annua en Delphinium Ajacis* (Botanisch Jaarboek, 1890, p. 83-104, résumé français).

(5) H. de Vries : *Steriele Maïs als erfelijk ras* (Botanische Jaarboek, 1890, p. 109-112, résumé français).

dernier furent semées avec les premières; 19 p. 100 des individus nés de ce semis se sont trouvés stériles; il y a donc eu progrès. L'auteur en conclut que la stérilité s'est montrée une propriété héréditaire susceptible de fixation.

M. Ad. Vandenberghe (1) a étudié la structure des graines de Salicornes, les circonstances de leur dispersion et de leur germination; il a constaté que ces plantes peuvent présenter dans une même localité et dans le cours d'une seule génération des modifications extrêmement profondes aboutissant d'ailleurs, à son avis, à la production de simples formes et non de races ou de variétés.

M. P. Duchartre (2) décrit minutieusement la structure de la graine et les diverses phases du développement d'une Iridée du cap, le *Freesia refracta* Klatt. Cette plante est une de ces Monocotylédones dont la radicule ne prend que peu de développement et se détruit bientôt, son rôle étant rempli par des racines adventives. Parmi celles-ci, les unes ont la structure normale, les autres sont napiformes ces dernières jouant suivant l'opinion de l'auteur le rôle de réservoirs nutritifs transitoires. De bonne heure, la tige commence à se renfler, non dès la base comme dans beaucoup d'espèces tubéreuses, mais seulement à partir du quatrième entre-nœud, le renflement s'étendant peu à peu de bas en haut sur une étendue totale de cinq à six entre-nœuds. Le tubercule ainsi formé est sensiblement cylindrique et présente un étroit cylindre central entouré d'une masse épaisse de tissu cortical. Il se ramifie bientôt abondamment et ses divisions se disposent suivant l'ordre alternedistique comme les feuilles et les fleurs sur les parties aériennes de la tige. Les tubercules secondaires peuvent à leur tour se ramifier en tubercules tertiaires suivant la même loi de symétrie. Un tubercule de *Freesia refracta* emprunté à un pied d'un an, étant mis en terre, s'enracine fortement dans sa portion inférieure et d'un autre côté développe à son extrémité supérieure une sorte de rhizome duquel naît un nouveau tubercule qui donne la tige florifère de la nouvelle année. Ce nouveau tubercule n'ayant presque pas de racines, la nouvelle plante est nourrie presque exclusivement par les racines de l'ancien. On voit donc que sous ce rapport les faits se passent tout autrement que chez la plupart des plantes tubéreuses, chez lesquelles les tubercules fournissent directement les tiges feuillées et florifères.

M. L. Jost (3) a repris après divers auteurs et en particulier Th. Irmisch, l'étude de l'origine et de l'évolution des tubercules du *Corydalis solida* Sm. Contrairement à l'opinion d'Irmisch, l'auteur considère le tubercule primitif et les tubercules de remplacement qui se forment chaque année dans l'intérieur du tubercule de l'année précédente comme correspondant à un hypocotyle et non à une racine. Chaque tubercule est surmonté d'un bour-

(1) Ad. Vandenberghe : *Bijdrage tot de studie der belgische Kustelflora* (Botanische Jaarboek, 1890, p. 162-190, 2 pl., résumé français).

(2) P. Duchartre : *Observations sur le Freesia refracta* (Journal de la Société d'horticulture de France, Cahiers de mars et avril 1891, pages 152-160, 215-230, avec figures).

(3) L. Jost : *Die Erneuerungsweise von Corydalis solida Sm.* (Botanische Zeitung, nos 17-19, 1 pl., 1890).

geon qui fournit une tige florifère et porte en outre à l'aisselle d'une de ses écailles un petit bourgeon destiné à fleurir l'année suivante ; au-dessous de ce bourgeon se développe le nouveau tubercule aux dépens d'un méristème qui paraît résulter de l'extension du cambium sous-jacent. La racine principale du nouveau tubercule a pour origine le cambium correspondant à la partie supérieure de l'ancienne racine.

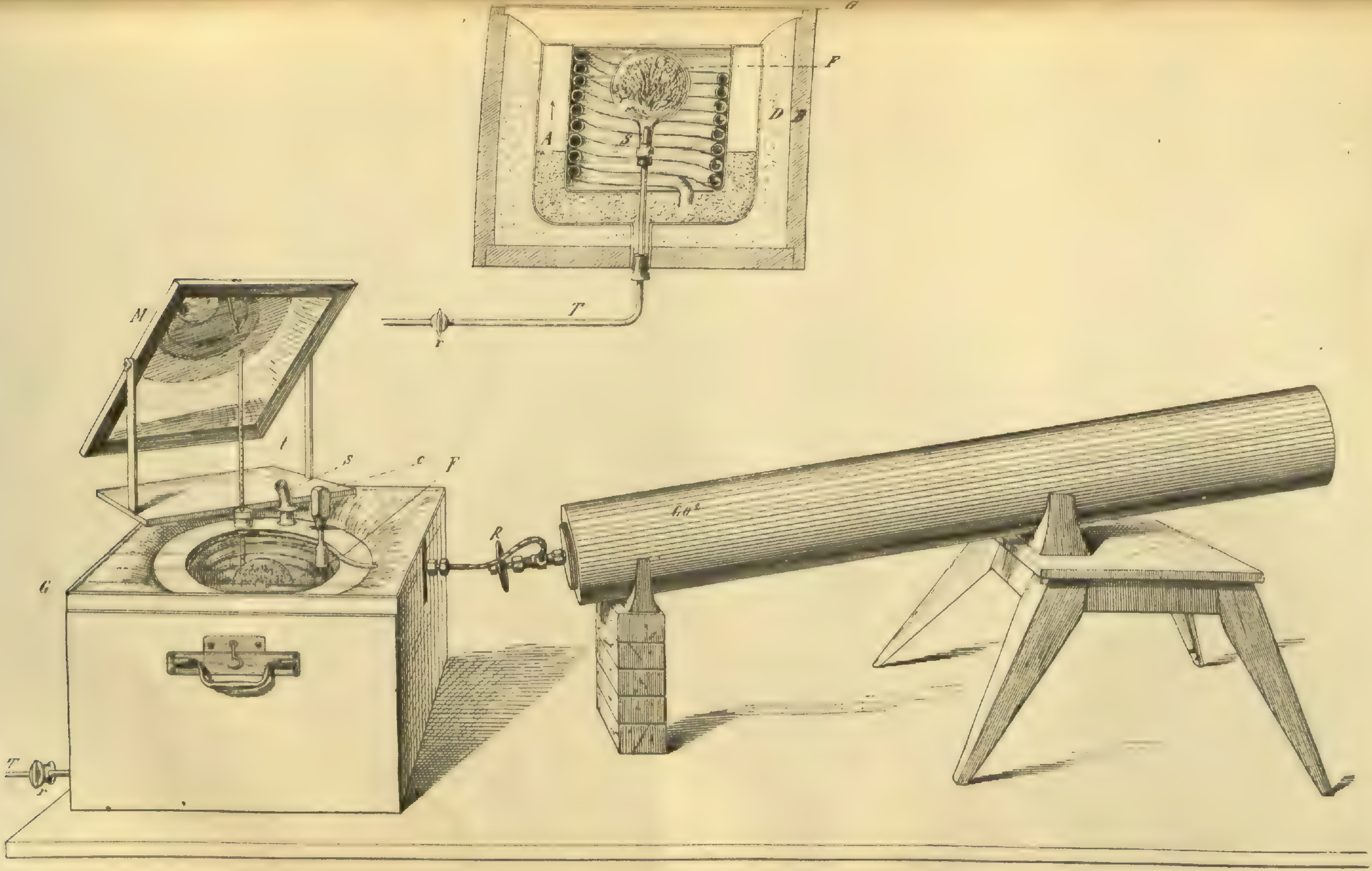
M. L. Koch (1) a fait des cultures de diverses Rhinanthées et étudié les rapports des parasites avec les plantes hôtes. Il ne nous paraît pas que l'auteur accroisse beaucoup le nombre des faits déjà connus sur cette question.

M. Homer Bowers (2) a étudié avec beaucoup de soin la germination de l'*Hydrastis canadensis*. La graine, semée dans le mois d'août, ne germe pas avant le printemps suivant, et on trouve alors une plantule possédant deux cotylédons épigés, petiolés, à limbes presque orbiculaires. La racine principale est assez longue, forte, jaunâtre et avec beaucoup de ramifications. La gemmule est visible, mais ordinairement elle ne se développe pas dans la première année. L'année suivante on trouve une tige très courte, verticale, portant deux ou trois feuilles en forme d'écailles, qui précèdent une seule feuille propre, petiolée à limbe à sept lobes. Voici les caractères les plus essentiels du développement de cette plante. La racine principale est persistante ; le rhizome croît dans une direction verticale et porte des feuilles en forme d'écailles et constamment à deux rangs, précédant les feuilles propres à la base de la tige aérienne. Cette dernière est annuelle et se développe dans le bourgeon terminal du rhizome ; de petits boutons se trouvent aussi à l'aisselle des feuilles en forme d'écailles, dont le développement correspond à tous égards avec celui de la gemmule. Du reste l'auteur a aussi signalé la présence de boutons, produits par les racines, et la plante possède alors de nombreux moyens pour assurer sa propagation.

(1) L. Koch : *Zur Entwickelungsgeschihte der Rhinanthaceen* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd XXII, p. 1-34, 1890).

(2) Homer Bowers : *A contribution to the life history of Hydrastis canadensis* (Botanical Gazette, march 1891). — L'analyse de ce travail a été communiquée à la *Revue générale de Botanique* par M. Holm.

(*A suivre.*) A. Prunet.



Millot del. Éd. Crété. Vitou sc.

Recherches physiologiques sur les Lichens.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la ***Revue.***

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 juin 1892

N° 42

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 JUIN 1892

Pages.

I. — ÉTUDES MORPHOLOGIQUES SUR LE GENRE *ANEMONE* L. (avec planches), par **M. Édouard de Janczewski**. 241

II. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES LICHENS (avec planches), par **M. Henri Jumelle** (*suite*). 259

III. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*suite*). 273

IV. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*suite*). 283

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHES 10 et 11. — *Anemone : Fruit.*

PLANCHES 12 et 13. — *Anemone : Fruit, germination.*

Cette livraison renferme en outre 1 gravure dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

ÉTUDES MORPHOLOGIQUES

SUR LE GENRE *ANEMONE* L.

Par M. Edouard de JANCZEWSKI (1).

Malgré la grande dissemblance qui existe entre les espèces constituant le genre *Anemone*, ces espèces présentent des caractères communs qui les distinguent des autres genres de la tribu des Anémonées; il n'y a donc aucune raison d'élargir le cadre de ce genre linnéen, comme quelques botanistes ont essayé de le faire (2), l'inverse serait beaucoup plus rationnel. De nombreux savants ont depuis longtemps insisté sur la nécessité de diviser le genre *Anemone*, comme contenant des types bien variés, en sous-genres, et même en genres autonomes.

Les études sur la structure anatomique et la germination des diverses espèces n'ont pas affaibli cette deuxième opinion; au contraire, elles lui ont donné une base vraiment scientifique, morphologique et physiologique en même temps.

On pouvait espérer qu'à la suite de ces recherches, la disposition des Anémones serait bientôt remaniée afin de répondre aux exigences actuelles de la science. Mais une révision approfondie n'a pas encore été faite jusqu'à présent, et les botanistes qui décrivent les nouvelles espèces et variétés, ou qui travaillent aux flores de diverses régions, se servent bien souvent de l'ancienne classification de De Candolle, qui n'a jamais, à aucun égard, été satisfaisante. Les classifications postérieures ont été bien

(1) Ce travail a été présenté le 5 décembre 1890 à l'Académie des sciences de Cracovie.
(2) Baillon : *Histoire des plantes. Monographie des Renonculacées.* 1876, pages 43-50.

meilleures, mais, même la plus récente, celle de M. Prantl (1), laisse encore beaucoup à désirer et ne correspond pas avec la parenté réelle des espèces.

Combler cette lacune, tel est le but de notre étude. Faire une analyse comparée des organes végétatifs et reproducteurs pour le plus grand nombre possible d'espèces, choisir les caractères sur lesquels on pourrait baser une classification vraiment naturelle des Anémones, contrôler par les expériences sur la germination et l'hybridation si, dans cette nouvelle disposition, les espèces proches se trouvent voisines, et les dissemblables, éloignées les unes des autres, tels sont les moyens par lesquels nous nous proposons de résoudre la question. A cause de la difficulté que nous avons eue pour nous procurer quelques types curieux d'Anémones exotiques à l'état vivant, notre étude monographique ne sera pas achevée de si tôt. L'ensemble de ces recherches sera divisé en chapitres, traitant chacun une seule question, et se terminera par un aperçu général sur l'affinité des espèces et sur leur classification naturelle.

(1) Prantl : *Beiträge zur Morphologie und Systematik der Ranunculaceen.* Engler's botan. Jahrbücher. Vol. IX. 1887.

CHAPITRE PREMIER.

FRUIT ET GRAINE.

La partie de l'axe floral, couverte de carpelles, le *gynophore*, est diversement développé chez les Anémones. Quand il est petit, il ne porte que cinq à dix carpelles; quand il est assez volumineux, sphérique, ovoïde ou cylindrique, le nombre des carpelles qui le recouvrent monte à une cinquantaine, à une centaine et même davantage. Les carpelles se transforment avec le temps en akènes munis d'un style tantôt court, tantôt changé en une longue aigrette plumeuse.

Les différences que présente l'akène de diverses Anémones sont trop palpables pour ne pas avoir été prises en considération lorsqu'il s'agissait de la classification des espèces. Mais elles n'ont pas encore été appréciées à leur juste valeur et étudiées d'une manière approfondie. Et pourtant elles sont d'une importance si décisive pour l'affinité physiologique des espèces, que la forme et la structure de l'akène doivent former la base de toute classification des Anémones; aussi seront-elles spécialement analysées dans ce chapitre.

Nous exposerons d'abord les caractères généraux du fruit et de la graine, et nous étudierons ensuite les types auxquels se rattache l'akène de toutes les Anémones que nous avons pu examiner.

La *graine* qui remplit tout l'intérieur de l'akène est composée d'un testa à tissus délicats et d'un sac embryonnaire rempli d'albumen. Les cellules de l'albumen contiennent de l'aleurone et de l'huile grasse; la fécule y fait toujours défaut. Au sommet du sac, on découvre l'*embryon* tantôt petit, mais dicotylédoné, tantôt minuscule, arrondi et non différencié en organes. Il n'y a jamais de bourgeon développé entre les deux cotylédons; l'embryon

est par conséquent toujours petit et plus ou moins incomplet. La graine provient toujours d'un ovule unique, anatrope, pendant, à un seul tégument et à raphé dorsal.

L'*akène* est surmonté d'un style de longueur et de direction variables, généralement sessile, il est quelquefois porté par un pédicelle bien développé. Le péricarpe reçoit du gynophore un seul faisceau libéro-ligneux qui se bifurque au-dessous de la graine. De ses deux branches, l'une est dorsale et se perd dans le style, l'autre est ventrale, se recourbe en dedans au sommet de l'ovaire, passe par le funicule et le raphé et se termine dans la graine au-dessous du sac embryonnaire.

Le *péricarpe* n'atteint que rarement une épaisseur plus considérable. Il est toujours constitué de trois tissus différents : l'*épiderme* souvent muni de poils et quelquefois de nombreux stomates, le *parenchyme* à parois minces, disposé en deux ou plusieurs assises, et le *sclérenchyme* fibreux, formant une seule assise (intérieure) rarement davantage. Le testa touche immédiatement à cette couche lignifiée du péricarpe.

Le péricarpe provient de la base élargie du carpelle (gaine?) et ne présente aucune trace de soudure. Le style est au contraire produit par la partie supérieure du carpelle dont les bords se sont recourbés en dedans et collés ou soudés dans toute leur longueur. L'origine et la fonction différentes du style et du péricarpe expliquent les différences anatomiques que l'on observe entre ces deux parties du carpelle.

Le rôle essentiel du péricarpe consiste à protéger la graine des Anémones jusqu'à sa germination. A cause de la délicatesse du testa, cette protection de la couche scléreuse du péricarpe est indispensable. Mais le péricarpe joue encore, dans beaucoup d'Anémones, un autre rôle, celui de la *dissémination;* il est notamment adapté au transport des akènes par le vent à des distances plus ou moins considérables. A cet effet, l'akène est tantôt ailé, tantôt couvert de longs et nombreux poils, ou terminé par une aigrette plumeuse. Il nous paraît que les mammifères concourent aussi à la dissémination de quelques Anémones exotiques et peut-être aussi de quelques espèces indigènes. Les styles

terminés en crosse ou en crochet, ainsi que les poils rigides et obliques, recouvrent certains akènes, servent à les accrocher ou à les fixer aux toisons ou aux fourrures et peuvent par conséquent les fixer dans la laine et les poils des mammifères qui s'y heurtent ou qui se couchent sur les plantes.

Cette adaptation des akènes à un transport lointain n'est cependant pas un fait général chez les Anémones; toute une série d'espèces est absolument dépourvue d'organes de dissémination; ce sont habituellement des plantes sociales, habitant les lieux ombragés.

Après ces remarques préliminaires, nous allons maintenant examiner les divers types que présente l'akène des Anémones, suivant qu'il est adapté d'une façon ou de l'autre à la dissémination ou qu'il manque d'organes de transport.

I. — **Pulsatilla** Tourn.

(*Pulsatilla* DC. et *Preonanthus* DC. *Campanaria* Endl.)

Dans toutes les espèces appartenant à ce type, l'akène est assez petit, surmonté d'une aigrette poilue sept à dix et même vingt fois (*Pulsatilla dahurica*) plus longue que l'akène lui-même (Pl. 10 et 11, fig. 1 *a*, *b*, *c*, *d*). Le corps de l'akène est atténué à ses deux extrémités; mais son plus grand diamètre est plus rapproché du sommet que de la base. Sa coupe transversale est complètement ronde (Pl. 10 et 11, fig. 2).

Le *péricarpe* est composé de trois tissus, comme dans toutes les Anémones. Le sclérenchyme fibreux (endocarpe) forme une couche simple, dédoublée seulement autour des deux faisceaux et constituant ainsi leur gaine fibreuse. Le parenchyme (mésocarpe) est habituellement constitué par trois couches cellulaires.

L'épiderme est généralement aussi épais que les deux autres tissus du péricarpe pris ensemble, parce que ses cellules sont hautes et larges (pl. 10 et 11, fig. 5); les poils, même à leur base, n'atteignent pas un diamètre aussi considérable que celui de ces cellules.

La structure de l'*aigrette* diffère beaucoup de celle du péri-

carpe. Le sclérenchyme forme une couche simple, située immédiatement au-dessous de l'épiderme et tapissée à l'intérieur par un tissu parenchymateux. Celui-ci entoure donc le canal ventral du style et contient le faisceau (Pl. 10 et 11, fig. 3). La graine renferme un petit embryon dicotylédoné.

Les poils qui recouvrent la surface de l'akène, étant courts, rigides et dirigés dans le sens oblique, ne peuvent servir à la dissémination par le vent, mais sont assez propres pour fixer l'akène dans la laine ou les poils des mammifères. Les poils de l'aigrette sont au contraire longs, soyeux et tantôt tous de longueur presque égale (*Pulsatilla dahurica*, *P. cernua*, *P. chinensis*), tantôt devenant plus courts vers le sommet et vers la base de l'aigrette (Pl. 10 et 11, fig. 1, *a*, *b*, *c*.) Ces poils changent de direction suivant l'humidité; à l'état sec, ils sont perpendiculaires à l'axe de l'aigrette ; à l'état humide ils prennent une direction oblique et se rapprochent plus ou moins de la surface de l'axe. Le mécanisme de ce mouvement tient à la structure de la base du poil; sur la face inférieure la membrane est bien épaisse et se gonfle fortement dans de l'eau, tandis que dans la face supérieure elle est assez mince et peu variable dans son volume et longueur (Pl. 10 et 11, fig. 4). L'aigrette elle-même est sujette à un mouvement de torsion suivant l'humidité de l'air ambiant.

De toutes les Anémones, les Pulsatilles possèdent l'appareil de dissémination le plus spécialisé. Leur aigrette plumeuse sert à cette fin pendant le beau temps et rend les akènes propres à être transportés par le vent à des distances notables. La pluie et l'humidité de l'air entravent ce mode de dissémination en agissant sur la direction des poils de l'aigrette, mais elles sont peut-être d'une certaine utilité lorsqu'il s'agit d'amener l'akène à la surface du sol et l'enfouir à une petite profondeur, comme cela a lieu pour le *Stipa pennata*. Nos expériences sur ce sujet n'ont pas donné de résultat précis. Mais ce qui ne nous paraît pas douteux, c'est le rôle des poils obliques de l'akène qui sont peu propres à fixer l'akène dans le sol, mais parfaitement suffisants pour l'attacher aux poils des moutons, lièvres, etc. En

conséquence, les mammifères pourraient intervenir de temps en temps dans la dissémination des Pulsatilles et pourraient contribuer à faire apparaître ces plantes dans des lieux éloignés de leurs stations habituelles.

L'akène muni d'une aigrette plumeuse caractérise toutes les espèces qui ont été rapportées aux sections PULSATILLA Tourn. et PREONANTHUS DC. Ce sont les : *Pulsatilla patens*, *P. pratensis* (1), *P. vulgaris*, *P. Halleri*, *P. vernalis*, *P. albana*, *P. ajanensis*, *P. cernua*, *P. dahurica*, *P. chinensis*, *Preonanthus alpina*, *P. occidentalis* (2). Les différences qu'on y remarque concernent surtout l'aigrette qui peut être fine, longue, très poilue (*P. dahurica*, *cernua*, *chinensis*) ou rigide, plus courte et plus épaisse (*P. vernalis*, *albana*), par conséquent moins propre à faire emporter l'akène par le vent.

II. — **Eriocephalus** Hook. et Thoms.

(*Oriba* Adans., *Phacandra* Spach, *Anemonanthea* et *Anemonospermos* DC. pro parte.)

Le type de l'akène, chez les espèces de ce groupe, est parfaitement caractérisé par les poils soyeux et très nombreux qui recouvrent toute la surface de l'akène et masquent absolument sa forme extérieure (Pl. 10 et 11, fig. 6, 9, 10), obovale ou elliptique, plus ou moins comprimée sur les côtés (Pl. 10 et 11, fig. 7).

L'akène de l'*Anemone silvestris* diffère de ce type général d'abord parce qu'il n'est presque pas comprimé, ensuite, parce qu'il n'est pas sessile, mais supporté par un pédicelle presque aussi long que l'ovaire lui-même (Pl. 10 et 11, fig. 8, 9). L'akène de l'*A. vitifolia* est encore plus longuement pédicellé ; peut-être en est-il ainsi dans l'*A. japonica* dont nous ne connaissons pas les akènes fertiles.

Le style surmontant l'akène varie beaucoup. Court et oblique

(1) Le *P. montana* n'est qu'une race occidentale du *P. pratensis*.
(2) Il est probable que le *Preonanthus occidentalis* n'est qu'une race américaine du *P. alpina*.

dans l'*A. silvestris* et l'*A. vitifolia*, il est plus long, et tantôt oblique tantôt droit dans d'autres espèces ; il atteint même la longueur de l'akène dans l'*A. palmata* et l'*A. hortensis*. Quand il est oblique, sa courbure se trouve à la base et son sommet est infléchi vers le gynophore (Pl. 10 et 11, fig. 10). La graine contient un embryon dicolytédoné.

La coupe transversale de l'akène n'est jamais complètement ronde, ni même elliptique, parce que les deux faisceaux du péricarpe font saillie à l'extérieur et forment quelquefois des ailes rudimentaires.

Le *péricarpe* est assez mince et ne contient habituellement que deux assises de parenchyme. Les parois de l'assise scléreuse sont épaissies en fer à cheval (Pl. 10 et 11, fig. 11). Sauf chez l'*A. silvestris*, cette assise se dédouble dans le voisinage des faisceaux, qu'elle entoure d'une gaine scléreuse (Pl. 10 et 11, fig. 7).

La *dissémination* des akènes est opérée par le vent ou même par des courants plus faibles de l'atmosphère. Les poils longs, délicats et nombreux recouvrant l'akène, sont plus efficaces que tout autre organe disséminateur. Ces poils sont plus longs à la base de l'akène et plus courts sur le style, qui en est quelquefois revêtu jusqu'au stigmate. Leur membrane est toujours mince, quelquefois d'une teinte un peu jaunâtre.

La forme comprimée de l'akène n'ajoute rien à la perfection de son appareil disséminateur, tandis que le pédicelle augmente beaucoup la surface revêtue de poils et contribue puissamment à la légèreté du fruit.

Les espèces dont l'akène présente ce type, constituent deux séries qui diffèrent par leurs caractères biologiques et ne possèdent pas d'affinité physiologique. Les unes feront partie du sous-genre auquel nous avons proposé de conserver le nom d'ANEMONANTHEA (1) ; ce sont : les *Anemone virginiana*, *A. multifida*, *A. parviflora*, *A. rupicola*, *A. baldensis*, *A. silvestris*, *A. vitifolia*, *A. japonica*. Les autres, caractérisées par leur rhizome tubéreux, constitueront le sous-genre que nous avons désigné sous le

(1) Janczewski. *Hybrides dans le genre Anemone*. (Bulletin de l'Académie de Cracovie. Séance du 22 juin 1889.)

nom d'ORIBA ; ce sont les : *Anemone palmata*, *A. coronaria*, *A. hortensis*, *A. caroliniana*, *A. biflora*.

Barneoudia Gay.

Les akènes des espèces appartenant à ce sous-genre rentrent dans le type précédent malgré quelques différences notables. L'akène est réniforme, atténué vers le sommet qui est terminé par le style (Pl. 10 et 11, fig. 18) ; sa coupe transversale est ronde comme dans les Pulsatilles.

Le *péricarpe* est composé de l'épiderme dont la structure nous est restée obscure à cause de la mauvaise conservation des fruits, de deux ou trois assises de parenchyme et d'une assise scléreuse. La structure des cellules parenchymateuses est exceptionnelle, car leurs membranes sont épaissies en réseau et lignifiées. Les fibres constituant l'endocarpe ont des parois très épaisses ; les parois latérales sont percées de pores assez larges.

L'embryon est très petit, mais franchement dicotylédoné.

L'appareil de *dissémination* n'est pas aussi parfait que dans le type *Eriocephalus*, car les poils qui recouvrent l'akène sont assez rigides, dressés et n'atteignent que le sommet du style. La membrane de la base des poils est ornée de ponctuations en forme de fentes, disposées en spirale ; à partir de cet endroit, les ponctuations deviennent de plus en plus faibles, peu nombreuses, puis disparaissent bientôt entièrement. Le poil recouvre alors sa structure ordinaire.

Anemone integrifolia Spreng.

Dans cette plante qui est encore plus exceptionnelle que les *Barneoudia*, les akènes sont certainement disséminés par le vent. Ils sont ovoïdes et poilus ; leur longueur atteint jusqu'à 3 millimètres (1).

N'ayant jamais examiné les akènes de cette plante à l'état

(1) Wedell : *Chloris andina*, 1857.

mûr, nous ne pouvons rien dire sur leur organisation. Les carpelles fécondés (Pl. 10 et 11, fig. 16) permettent de conclure que les akènes sont disséminés par le vent à l'aide de leurs poils, qui s'allongent certainement et atteignent le développement nécessaire pour servir d'organe de transport.

III. — Pulsatilloides DC.

Il est difficile de comprendre pourquoi De Candolle a donné ce nom à une section embrassant deux plantes africaines qui ne présentent aucune affinité avec nos Pulsatilles.

Les akènes mal développés de l'*Anemone capensis* dont nous disposions avaient une forme elliptique plus ou moins allongée ; ils étaient munis d'un court pédicelle et d'un style qui les égalait presque en longueur (Pl. 10 et 11, fig. 17). Toutes les parties du fruit sont hérissées de poils rigides, insérés dans le sens oblique, trop courts pour que le vent puisse emporter les akènes dans les conditions normales, mais suffisants pour les fixer dans la laine ou les poils des mammifères. Ces akènes peuvent donc être assimilés à ceux des Pulsatilles ayant perdu leur aigrette plumeuse.

Les jeunes akènes de l'*A. alchemillæfolia* ont un aspect entièrement semblable.

Trois espèces asiatiques se rapprochent tout à fait par leur fruit de ces deux Anémones africaines ; ce sont les *A. obtusiloba*, *A. trullifolia* (*A. celestina* Franch.), et *A. glaucifolia* (Pl. 10 et 11, fig. 14, 13, 12). Leur fruit sessile, ovoïde ou elliptique, est hérissé de poils rigides, dressés et propres à l'attacher à la laine des animaux.

Dans l'*A. obtusiloba*, l'akène est un peu comprimé (Pl. 10 et 11, fig. 18) et la structure de son péricarpe ne présente rien de caractéristique ; mais le testa de la graine est beaucoup moins délicat que dans les autres Anémones, et son épiderme est constitué de cellules dont les parois extérieures ont acquis une épaisseur considérable. En outre, on découvre deux faisceaux traversant le testa : le faisceau dorsal, plus fort, qui appartient

au raphé et le faisceau ventral qui est certainement sa continuation au delà de la base du nucelle (Pl. 10 et 11, fig. 18).

IV. — **Rivularidium** Nov. sect.
(*Anemonospermos* DC. pro parte.)

De toutes les espèces appartenant à ce type, nous n'avons pu nous procurer d'akènes mûrs que ceux de l'*A. rivularis*, originaire de l'Asie et fréquemment cultivé en Europe. Ils sont gros et lourds, coniques, parcourus par deux côtes saillantes, et terminés par un style court et courbé en crochet (Pl. 10 et 11, fig. 19).

L'épaisseur du *péricarpe* dépend de l'endocarpe scléreux qui forme ici une couche volumineuse (Pl. 10 et 11, fig. 20, 21) et non plus une simple assise. Le mésocarpe est, au contraire, très mince et composé de deux ou trois assises parenchymateuses. L'épiderme ne produit aucun poil. Les faisceaux sont englobés dans l'endocarpe qui constitue leurs gaines et forme les deux côtes saillantes.

L'embryon que contient la graine acquiert une dimension plus considérable que dans d'autres Anémones.

La *dissémination* de l'*A. rivularis* ne peut pas être opérée par le vent, à cause du volume et du poids de l'akène. Mais son style en crochet recourbé en dehors s'accroche très bien aux tissus en laine et y fixe l'akène. On se figure aisément qu'il doit s'accrocher avec la même facilité aux poils des animaux.

Les akènes des *A. Richardsoni* et *antucensis* (Pl. 10 et 11, fig. 22) ressemblent beaucoup à ceux de l'*A. rivularis*, mais leur style est plus long et courbé en crosse. Nous ne connaissons pas encore les akènes des *Anemone crassifolia*, *A. rupestris*, *A. mexicana*, *A. Sellowi*, mais leurs descriptions données dans les diagnoses des auteurs nous permettent de les rapporter au type de l'*A. rivularis*.

Nous croyons qu'il faut placer dans ce type, ou du moins en rapprocher les akènes des *A. hepaticæfolia* et *rigida* (Pl. 10 et 11, fig. 23), bien que leur style soit plus court et moins crochu.

Ces fruits sont presque cylindriques dans la première de ces espèces, et ovoïdes dans la deuxième. Il faut encore ajouter que la surface des akènes de l'*A. rigida* n'est pas entièrement lisse, mais hérissée de poils en forme de dents, imperceptibles à l'œil nu.

Les fruits de l'*A. æquinoctialis* sont totalement lisses, mais sont-ils entièrement dépourvus d'organes de dissémination ? C'est une question que nous ne pouvons pas résoudre sans les connaître à l'état mûr.

V. — **Knowltonia** Salisb.

Avant d'avoir examiné les fruits mûrs des *Knowltonia*, nous avions mis en doute que l'opinion de Prantl (1), d'après laquelle les *Knowltonia* ne formeraient qu'une branche des Anémones, fût suffisamment fondée. Maintenant nous pouvons dire qu'au contraire nous nous rallions à cette manière de voir.

Les fruits du *K. vesicatoria* ne sont pas des akènes, mais des *drupes*. Cela n'empêche pas qu'ils soient organisés absolument de la même manière que l'akène des Anémones ; la seule différence consiste dans le grand volume et la succulence des cellules du mésocarpe. Le noyau (endocarpe) est ici muni de quatre côtes, dont les deux complètes (dorsale et ventrale) contiennent les deux faisceaux du péricarpe, tandis que les deux autres (latérales) prononcées au sommet et se perdant vers le milieu de l'akène sont dépourvues de faisceaux et uniquement composées de tissu scléreux.

La graine contient un tout petit embryon dicotylédoné.

Comme les drupes et les baies en général, les fruits du *Knowltonia vesicatoria* ne possèdent pas d'organes de dissémination.

VI. — **Omalocarpus** DC.

Dans les espèces appartenant à cette section, l'akène est grand, aplati, bordé d'une aile circulaire ; il rappelle par conséquent la samare de l'Orme (Pl. 10 et 11, fig. 24).

(1) Prantl, l. c., pag. 247.

Sur une coupe transversale de l'akène de l'*A. narcissiflora*, on reconnaît que l'insertion de l'aile dorsale sur le corps de l'akène diffère de celle de l'aile ventrale, parce qu'elle contient le raphé massif de la graine (Pl. 10 et 11, fig. 25).

La structure du *péricarpe* ne présente rien d'exceptionnel, sauf que la couche intérieure du mésocarpe est composée de cellules à parois épaissies et plus ou moins lignifiées (Pl. 12 et 13, fig. 1). L'endocarpe embrassant les deux faisceaux se continue dans les ailes dont il constitue la couche médiane. Les stomates sont assez nombreux dans le voisinage des faisceaux, sur les lignes de jonction des ailes avec le corps de l'akène.

Le style oblique semble former la continuation de l'aile dorsale.

L'embryon dicotylédoné est l'un des plus volumineux que nous ayons rencontré dans les Anémones (Pl. 12 et 13, fig. 2).

Les akènes de l'*A. narcissiflora* peuvent être emportés par le vent à une certaine distance, mais leur appareil de *dissémination*, représenté par les ailes, est loin d'atteindre ce degré de perfection que nous voyons dans les types PULSATILLA et ERIOCEPHALUS. Il en est de même dans les *A. polyanthos*, *A. demissa*, *A. tetrasepala*, dont les akènes sont si semblables à ceux de l'*A. narcissiflora* qu'il est presque impossible de les distinguer. Ceux de l'*A. elongata* n'en diffèrent que par leur style plus long et droit.

VII. — **Anemonidium** Spach.

Deux espèces représentent ce type, l'*A. pensylvanica* et l'*A. dichotoma*. Malgré la parfaite ressemblance de leur port et de leur mode de végétation, elles se laissent distinguer par la forme de leurs akènes.

Dans l'*A. pensylvanica*, les akènes sont ailés, mais les ailes sont épaisses (Pl. 12 et 13, fig. 3, 4), tandis que dans les *Omalocarpus* elles ont été minces, presque membraneuses. Les différences deviennent encore plus évidentes lorsqu'on en examine une coupe transversale (Pl. 12 et 13, fig. 4) ; le raphé est ici peu apparent, et les ailes dépourvues de la couche médiane scléreuse.

En outre, on aperçoit dispersés sur l'akène, des poils qui manquaient absolument dans les *Omalocarpus*.

En ce qui concerne la structure du *péricarpe*, il faut noter que les fibres scléreuses de l'endocarpe sont minces et disposées en deux assises plus ou moins régulières ; elles se multiplient beaucoup autour des faisceaux et constituent le tissu essentiel de la base des ailes. Le mésocarpe est constitué de trois à quatre assises de cellules parenchymateuses.

La structure des ailes épaisses est toute particulière. Elles sont formées par un *tissu aérifère* revêtu d'épiderme au-dessous duquel on trouve çà et là une cellule parenchymateuse normale. La particularité de ce tissu aérifère consiste dans la structure et le contenu des cellules qui le constituent. Leur membrane, probablement subérifiée, est imperméable, malgré les ponctuations dont elle est ornée ; leur intérieur ne contient que de l'air (Pl. 12 et 13, fig. 5).

Ainsi organisées, les ailes sont utiles à la dispersion des akènes par le vent, mais qui plus est, elles leur servent d'*appareil natatoire;* un akène semblable tombé dans l'eau n'est nullement perdu pour la propagation de l'espèce, mais peut être transporté au loin par les ruisseaux, surtout pendant les inondations.

L'embryon est relativement bien développé, dicotylédoné.

Bien différente est la forme des akènes de l'*A. dichotoma*. Ceux-ci sont ovoïdes, comprimés sur les côtés, enchâssés comme dans un cadre et ridés à la surface (Pl. 12 et 13, fig. 6). Quand ils sont gonflés dans l'eau, les rides s'effacent presque entièrement et le cadre devient peu apparent.

Leur péricarpe est un peu plus épais que dans l'espèce précédente ; on compte habituellement cinq assises parenchymateuses dans le mésocarpe, et deux à trois assises irrégulières dans l'endocarpe scléreux. Le sclérenchyme entoure les faisceaux du péricarpe, mais ne constitue qu'une gaine assez mince n'ayant aucune influence sur la forme extérieure de l'akène. Le tissu *aérifère* embrasse les faisceaux de trois côtés, en fer à cheval (Pl. 12 et 13, fig. 7) et constitue la masse principale du cadre qui est apparent sur les akènes desséchés. Il forme l'*appareil*

natatoire à l'aide duquel l'akène de l'*A. dichotoma* nage aussi bien et aussi longtemps à la surface de l'eau que l'akène ailé de l'espèce précédente.

D'après les renseignements que nous avons reçus de la Sibérie, l'*Anemone dichotoma* préfère réellement les terrains soumis aux inondations, et il nous est permis d'admettre que les courants de l'eau contribuent seuls à la dispersion de cette espèce dépourvue de tout appareil de dissémination sauf son appareil natatoire.

VIII. — Sylvia Gaud.

(*Hylalectryon* Irmisch, *Anemonanthea* DC. pro. parte.)

Les espèces dont les akènes appartiennent à ce type forment un groupe très naturel de plantes habituellement sociales, demeurant dans des lieux ombragés et abrités contre le vent.

La forme de l'akène, quelquefois comprimé sur les côtés, est elliptique, ovoïde ou presque sphérique (Pl. 12 et 13, fig. 8, 10, 11). Le style, droit ou arqué, n'atteint jamais une longueur considérable. Les deux faisceaux du péricarpe sont généralement faciles à reconnaître, car ils provoquent autant de saillies longitudinales dans la surface de l'akène. Les poils disséminés sur l'akène et sur la base du style sont trop courts pour jouer quelque rôle dans la dissémination.

La structure du *péricarpe* est la même que dans d'autres Anémones. Les parois des fibres de l'endocarpe sont bien épaisses et percées de pores plus ou moins nombreux (Pl. 12 et 13, fig. 12).

Dans les espèces européennes et probablement aussi dans les espèces asiatiques, on trouve au sommet du sac embryonnaire un *embryon sphérique*, attaché à un court suspenseur (Pl. 12 et 13, fig. 9, 13). Les dimensions de cet embryon varient, non seulement suivant l'espèce de la plante, mais aussi suivant l'akène que l'on a choisi pour l'étude. Quand il est assez grand, on voit les cellules du jeune épiderme se diviser, dans le voisinage du suspenseur, parallèlement à la surface et former la coiffe de la racine principale (Pl. 12 et 13, fig. 9). Dans l'*A. trifolia* il arrive même de trouver des embryons cordiformes (Pl. 12 et 13,

fig. 14) ayant les deux cotylédons ébauchés. Mais ces cas sont exceptionnels. En général, l'embryon est sphérique et non différencié en organes; quand il est plus petit on peut lui appliquer le terme : « *embryo homogeneus* » (Pl. 12 et 13, fig. 13). Cette réduction de l'embryon dans une graine adulte attire des conséquences biologiques qui seront exposées dans le chapitre suivant.

Les akènes des Sylvies étant totalement dépourvues de tout appareil de dissémination, se dispersent seulement autour du pied-mère; dans quelques espèces, ils font courber le pédicule floral sous leur poids.

Le nombre des Sylvies est considérable; ce sont les *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*. *A. trifolia*, *A. deltoidea*, *A. altaica*, *A. cærulea*, *A. umbrosa*, *A. reflexa*, *A. udensis*, *A. nikoensis*, *A. stolonifera*, *A. baikalensis*, *A. Delavayi*, *A. flaccida*, *A. apennina* (1).

IX. — Hepatica Dill.

A première vue, les akènes de l'*Hepatica triloba* rappellent si bien ceux des Sylvies, qu'on serait justement étonné de trouver la même forme du fruit dans les plantes qui diffèrent complètement à beaucoup d'égards. Un examen tant soit peu attentif nous apprend qu'on peut facilement reconnaître l'akène de l'Hépatique à un caractère qui ne se répète dans aucune autre Anémone : c'est sa partie basilaire, blanche à l'état frais et plus ou moins translucide (Pl. 12 et 13, fig. 15).

L'akène est rond en coupe transversale; les faisceaux enveloppés par le sclérenchyme sont saillants (Pl. 12 et 13, fig. 16). La structure du péricarpe n'a rien de remarquable (Pl. 12 et 13, fig. 17).

Le style trahit son origine par le sillon ventral, le long duquel se sont collés les bords du carpelle (Pl. 12 et 13, fig. 19). Le tissu scléreux y est fortement développé; il touche immédiatement le canal intérieur dans la partie dorsale, tandis que dans la partie ventrale il est tapissé de tissu conducteur. Son épi-

(1) Nous allons voir bientôt que l'*A. apennina* doit être exclu des Sylvies à cause de son rhizome tubéreux et de la manière dont cette plante germe.

derme contient de nombreux stomates, ainsi que des poils qui ne manquent à aucune partie de l'akène.

La base blanche de l'akène est limitée par un étranglement bien visible à l'état frais; à l'état sec, elle est contractée et perd son aspect normal. Sa structure toute particulière se reconnaît parfaitement sur les coupes longitudinales (Pl. 12 et 13, fig. 20). On y voit que l'akène n'est pas sessile, mais muni d'un pédicelle dont le volume ne dépend pas du faisceau entouré de parenchyme, mais de l'épiderme fortement hypertrophié. Les énormes cellules de cet épiderme sont beaucoup plus hautes que larges et contiennent des gouttelettes huileuses qui leur donnent l'aspect laiteux. Les poils qui garnissent le pédicelle sont en réalité bien plus longs que ceux de l'akène, parce qu'ils dépassent les énormes cellules épidermiques, leurs voisines.

Nous appellerons *hypophyse* ce pédicelle de l'akène, bien que par sa structure il ne ressemble pas du tout à l'hypophyse des sporogones des *Splachnum* et des *Polytrichum*. Nous dirons donc que l'akène de l'Hépatique est muni d'une hypophyse, tandis que celui des Sylvies, très semblable d'ailleurs, en est dépourvu. Il est vraiment difficile de comprendre que cette particularité du fruit des Hépatiques n'ait pas été signalée jusqu'à présent; il est vraie que l'hypophyse se contracte par la dessiccation, mais elle ne disparaît pas; elle devient presque transparente et colorée en jaune orangé. Dans l'eau, elle recouvre plus ou moins sa forme et son aspect naturel.

La graine de l'Hépatique est semblable à celle des Sylvies. L'embryon qu'elle contient est minuscule, rond, attaché à un suspenseur assez court et large (Pl. 12 et 13, fig. 18); c'est un embryon homogène, car il n'a même pas de racine indiquée par les divisions tangentielles de l'épiderme.

Les akènes de l'*Hepatica transsilvanica* (Pl. 12 et 13, fig. 22) sont parfaitement semblables à ceux de l'*Hepatica triloba*, seulement les fibres de l'endocarpe sont un peu plus larges et leur membrane plus mince. L'embryon est minuscule, homogène (Pl. 12 et 13, fig. 24).

Nous ne connaissons pas les fruits complètement mûrs de l'*H.*

Falconeri; ceux que nous possédons sont bien plus minces que dans les deux espèces précédentes, et pourvus d'une hypophyse rudimentaire (Pl. 12 et 13, fig. 21). Les cellules épidermiques du pédicelle ont déjà pris un développement exagéré mais insuffisant pour former une hypophyse distincte. Il se peut que les fruits parfaitement mûrs de l'*H. Falconeri* ressembleront davantage à ceux des espèces européennes. En tous cas, cette hypophyse existe et constitue le caractère de l'akène de toutes les Hépatiques. Joue-t-elle quelque rôle dans la dissémination de ces plantes, c'est une question à laquelle nous sommes obligés de répondre dans le sens négatif. Nos Hépatiques se sèment toujours sur place à l'aide d'un mécanisme très simple. Après la fécondation des carpelles, le pédoncule floral, dressé jusqu'alors, commence à s'incliner et finit par se coucher à la surface de la terre. Il se courbe alors au-dessous de l'involucre et presse sur la terre les akènes garantis contre les accidents par les trois folioles de l'involucre en guise de toit. Il est difficile de concevoir quel peut être le rôle biologique de l'hypophyse.

(*A suivre.*)

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

Par M. Henri JUMELLE *(Suite)*.

5° Influence d'une température de 55°. — Après les expériences précédentes, on pressent de suite que l'assimilation, déjà très affaiblie après une heure à 50°, et, en général, complètement supprimée après trois heures, ne doit supporter que pendant un temps très court une température de 55°.

En fait, à part quelques exceptions individuelles, nous avons, dans la majorité des cas, constaté un arrêt complet de l'assimilation après un séjour d'une heure à cette température. La plante, retirée de l'étuve et exposée au soleil, absorbe de l'oxygène et rejette de l'acide carbonique.

Nous chercherons maintenant à déterminer le temps pendant lequel, d'autre part, la même chaleur doit agir pour que la respiration elle-même subisse un affaiblissement marqué. Nous suivrons la marche de ce ralentissement dont les expériences faites à 50°, qui n'ont duré que quelques heures, nous ont simplement montré le début.

Dans les tableaux suivants qui résument nos recherches, nous comparons, à la lumière et à l'obscurité, les échanges gazeux de Lichens qui sont restés, pendant un nombre variable de jours, à 55°.

1° **Physcia ciliaris** MIS A L'ÉTUVE A 55°.

DURÉE DU SÉJOUR à 55°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 jour...	2,273	1,977	0,85	—1,410	+1,603	
2 — ...	0,741	0,607	0,82	»	»	
3 — ...	0,618	0,496	0,80	—0,210	+0,205	
4 — ...	0,230	0,330	»	»	»	
5 — ...	0,600	0,544	»	»	»	
6 — ...	0,160	0,150	»	»	»	
7 — ...	0,462	0,415	»	—0,887	+0,674	
Non mis à l'étuve.	4,005	3,404	0,85	+0,387	—0,275	$\frac{O}{C}=1,41$

2° **Ramalina fraxinea** MIS ÉGALEMENT A L'ÉTUVE A 55°.

DURÉE DU SÉJOUR à 55°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 jour...	0,792	0,736	0,93	—0,578	+0,317	
2 — ...	0,373	0,467	»	»	»	
3 — ...	0,211	0,211	»	»	»	
4 — ...	0,105	0,200	»	»	»	
5 — ...	0,173	0,330	»	»	»	
6 — ...	0,204	0,210	»	—1,227	+0,409	
7 — ...	0,166	0,216	»	—1,220	+0,516	
Non mis à l'étuve.	3,923	2,943	0,75	+2,257	—1,963	$\frac{O}{C}=1,15$

Le *Cladonia rangiferina*, le *Parmelia caperata*, le *Pertusaria amara* ont montré, comme les deux Lichens précédents, un affaiblissement graduel de la respiration.

On voit ainsi, par toutes ces expériences, que déjà après un

jour à 50° l'intensité respiratoire est bien au-dessous de l'intensité normale. Cependant, même après sept jours, le protoplasme n'est pas complètement mort, car il y a encore des échanges gazeux appréciables.

Un fait qu'il faut toutefois remarquer et qui est la meilleure preuve de l'altération profonde du phénomène respiratoire, c'est que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est modifié. Contrairement à ce qui se produit normalement, l'acide carbonique est souvent rejeté en quantité plus grande que l'oxygène absorbé.

Tous ces Lichens remis au dehors, chacun avec son substratum, ont perdu peu à peu leur couleur verte et sont morts.

En même temps que les expériences précédentes, nous avons fait, comme précédemment pour les températures moins élevées, quelques expériences analogues sur d'autres Cryptogames. Sans détailler ici les résultats obtenus pour ces plantes, disons simplement qu'une Hépatique, le *Frullania tamarisci*, une Mousse, le *Dicranum scoparium*, nous ont amené aux mêmes conclusions que les Lichens que nous avons cités.

Mais nous devons insister davantage sur le cas que nous a offert une autre Mousse qu'on trouve communément, à l'état sec ou humide, sur les arbres : l'*Orthotrichum affine*.

Cet *Orthotrichum* a été mis à l'étuve avec les autres Lichens, il a donc été soumis aux mêmes conditions de température. Les résultats que nous a fournis l'étude de ses échanges gazeux, après séjour à l'étuve, sont consignés dans le tableau suivant :

Orthotrichum affine MIS A L'ÉTUVE A 55°.

DURÉE DU SÉJOUR à 55°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. d'*Orthotrichum*	Acide carbonique dégagé par 1 gr. d'*Orthotrichum*	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. d'*Orthotrichum*	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. d'*Orthotrichum*	$\frac{O}{C}$
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
1 jour...	2,968	2,077	0,70	»	»	»
2 — ...	2,625	1,837	0,70	+2,755	—1,837	1,50
3 — ...	2,643	2,193	0,83	+3,245	—2,193	1,48
4 — ...	1,863	1,602	0,86	+0,441	—0,395	1,12
5 — ...	1,836	1,385	0,70	»	»	»
6 — ...	2,818	2,338	0,83	+2,600	—1,733	1,50
7 — ...	2,880	2,477	0,86	+0,816	—0,530	1,54
Non mis à l'étuve.	2,216	1,817	0,82	+2,543	—1,817	1,40

Une seconde expérience avec la même espèce nous a donné les mêmes résultats. Après sept jours à 55°, la fonction assimilatrice n'a pas disparu, elle se manifeste encore avec une intensité à peu près normale.

Bien que le fait paraisse exceptionnel, il montre combien il faut toujours se garder de trop rapidement généraliser. Ce que nous avons dit plus haut de l'altérabilité rapide de la chlorophylle s'applique à la généralité des cas, mais il peut se présenter des exceptions.

En résumé donc, chez les plantes qui passent facilement, par dessiccation, à l'état de vie latente, une température de 55° détruit en général, très rapidement et en moins d'une heure le pouvoir d'assimilation; le protoplasme lui-même ne supporte cette température que pendant un temps assez court, car, après vingt-quatre heures, la respiration est déjà très affaiblie. On trouve cependant des plantes qui, comme l'*Orthotrichum affine*, sont encore capables de décomposer l'acide carbonique après être restées sept jours à 55°.

6° INFLUENCE D'UNE TEMPÉRATURE DE 60°. — Un *Physcia parietina* a été mis à l'étuve à 60° avec son substratum.

Après une demi-heure, la plante a perdu tout pouvoir d'assimilation : exposée au soleil, elle a dégagé de l'acide carbonique, pendant qu'un autre *Physcia* de la même espèce, qui n'avait pas été porté à l'étuve, a rejeté, au contraire, de l'oxygène.

A l'obscurité les échanges gazeux ont été les suivants :

DURÉE DU SÉJOUR à 60°.	OXYGÈNE absorbé par 1 gr. de Lichen.	ACIDE CARBONIQUE dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$
	c.c.	c.c.	
1 heure............	2,104	1,746	0,83
4 heures...........	5,798	4,696	0,81
Non mis à l'étuve...	4,660	3,821	0,82

Après quatre heures à 60°, il n'y a donc pas encore eu d'affaiblissement dans l'intensité respiratoire.

De même, à l'obscurité, un *Physcia ciliaris*, qui était resté cinq heures à l'étuve, a absorbé, pour 1 gramme de poids sec, 4^{cc},677 d'oxygène pendant qu'un autre *Physcia*, qui n'avait pas été mis à l'étuve en absorbait, pour le même poids, 4 centimètres cubes.

Par contre, après un séjour de six heures à 60°, un exemplaire de la même espèce n'absorbait plus, dans les mêmes conditions que les Lichens précédents, que 1^{cc},34 d'oxygène.

Nous avons trouvé des résultats analogues avec le *Ramalina fraxinea* et l'*Evernia prunastri*.

Au sujet de cette dernière espèce — qui s'est toujours présentée d'ailleurs comme une des plus résistantes — nous ne pouvons toutefois passer sous silence les résultats exceptionnels que nous a donnés un des échantillons sur lesquels nous avons expérimenté. Ces résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Evernia prunastri MIS A L'ÉTUVE A 60°

DURÉE DU SÉJOUR à 60°.	ÉCHANGES GAZEUX à l'obscurité, en 17 heures.			ÉCHANGES GAZEUX à la lumière, en 7 heures.		
	Oxygène absorbé par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique dégagé par 1 gr. de Lichen.	$\frac{CO^2}{O}$	Oxygène absorbé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	Acide carbonique décomposé (—) ou dégagé (+) par 1 gr. de Lichen.	$\frac{O}{C}$
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	
5 heures.	5,313	4,675	0,88	+1,088	—1,037	1,05
6 —	4,290	3,861	0,90	+2,036	—2,000	1,18
7 —	4,480	4,032	0,90	»	»	»
9 —	3,216	2,701	0,84	+0,423	—0,353	1,20
Non mis à l'étuve.	3,448	3,103	0,90	+1,447	—1,405	1,03

Ainsi après avoir séjourné neuf heures à 60°, cet *Evernia* a encore décomposé à la lumière l'acide carbonique de l'air.

Ce fait, joint à celui dont l'*Orthotrichum affine* nous a déjà fourni un autre exemple, nous force d'apporter quelques restrictions aux conclusions générales qui découlent de la grande majorité des expériences précédentes, car il n'est évidemment qu'une explication possible de la contradiction apparente de ces deux sortes de résultats.

Les plantes vertes susceptibles de se dessécher sont donc capables d'offrir parfois à la chaleur une grande résistance; très rarement cependant les individus sont assez bien constitués pour survivre aux conditions anormales d'une température très élevée. Plus la chaleur devient intense et plus s'affaiblit la proportion des échantillons qui résistent. C'est pourquoi ce n'est plus que par exception qu'on constate, au delà d'un certain degré, la persistance normale de deux fonctions, respiration et assimilation.

3. Résumé.

En résumé, deux des dernières expériences que nous venons de citer démontrent que la chlorophylle, chez les végétaux desséchés, peut résister à de très hautes températures. Un

Orthotrichum affine laissé sept jours à 55°, et un *Evernia prunastri* soumis neuf heures à 60° ont encore, après ce temps, décomposé normalement l'acide carbonique de l'air.

Ce ne seraient là toutefois que des cas très rares, absolument exceptionnels, car ce sont les deux seuls que nous ayons constatés au milieu d'un très grand nombre d'expériences.

En règle générale, les Cryptogames que nous avons exposées aux hautes températures — et nous devons faire observer que nous avons chaque fois opéré sur des échantillons fraîchement recueillis et laissés adhérents à leur substratum — ont, grâce à leur faculté de dessication, un peu mieux résisté que les végétaux supérieurs, mais la différence a été, en somme, assez faible.

La fonction assimilatrice surtout a toujours été supprimée très rapidement. Dans la plupart des cas, le Lichen a cessé d'être apte à décomposer l'acide carbonique de l'air après avoir séjourné un jour à 45°, trois heures à 50°, une demi-heure à 60°.

La plus grande différence qui semble exister, sous le rapport de la résistance, entre les Lichens et les végétaux supérieurs est relative à la respiration. Pour une certaine température l'absorption d'oxygène peut en effet chez les Cryptogames se poursuivre encore normalement alors que l'assimilation a déjà depuis longtemps disparu.

Tandis que la plupart des Phanérogames, après avoir été maintenues dix minutes à 50°, non-seulement n'assimilent plus, mais même ne respirent plus, des Lichens qui ont séjourné trois jours à 45°, quinze heures à 50°, cinq heures à 60° ont encore bien souvent présenté, au sortir de l'étuve, une intensité de respiration à peu près égale à celle des échantillons qui n'avaient pas été soumis à ces degrés de chaleur.

L'altération du protoplasme semble ainsi généralement beaucoup moins rapide que celle de la chlorophylle ; ce serait, par suite, surtout à cause de l'altération fréquente et facile de cette dernière substance, que les plantes inférieures, bien que desséchées, supporteraient, la plupart du temps, à peine mieux que les plantes supérieures, les températures élevées.

Les végétaux dépourvus de chlorophylle sont ceux qui doi-

vent, en conséquence, offrir le plus souvent une longue résistance ; et de ce fait on est amené à conclure, en ce qui concerne particulièrement les Lichens, que l'Algue est, chez ces organismes exposés à une forte chaleur, l'élément qui souffre le premier. Dans l'association, cette plante peut être déjà en voie de dépérissement, alors que le Champignon conserve encore une vie normale.

CHAPITRE IV

La vie des Lichens aux basses températures.

Les Lichens sont, par excellence, les végétaux supportant les froids intenses; personne n'ignore qu'ils deviennent avec les Mousses les principaux et presque les seuls représentants de la végétation (1) dans des régions où la température s'abaisse jusqu'à 40 et 50 degrés au-dessous de 0° et où ne se rencontrent plus que quelques espèces particulières de Phanérogames, en nombre toujours très restreint.

Ces faits bien connus rendent un peu superflue, pour les basses températures, une série de recherches analogues à celles qui viennent d'être faites pour les températures élevées. Le problème se trouvant déjà en grande partie résolu par la simple observation, il devient d'un intérêt secondaire de chercher à déterminer la différence de résistance qu'offrent, à mesure que l'intensité de froid s'accentue, ces deux catégories de plantes : Lichens et végétaux supérieurs.

Aussi, sans insister à ce sujet, nous attacherons-nous surtout, dans ce dernier chapitre, à l'examen d'un autre point beaucoup moins bien établi.

Nos données actuelles ne nous fournissent, en effet, aucun renseignement précis sur les modifications que subissent, chez la plante exposée aux basses températures, les fonctions caractéristiques de la vie manifestée: respiration et assimilation.

Sans doute nous connaissons, d'une manière générale, la loi qui règle les variations des échanges gazeux, de la respiration

(1) Pour des renseignements détaillés à ce sujet, consulter en particulier le mémoire de M. Goeppert : *Ueber das Gefrieren, Erfrieren der Pflanzen und Schutzmittel dagegen* (Stuttgart, 1883).

en particulier, suivant le degré de chaleur. Nous savons que, tandis que l'assimilation paraît toujours rester à peu près constante, la respiration s'affaiblit très rapidement à mesure que la température s'abaisse. Mais cette loi, qui est celle du phénomène considéré en lui, peut être, chez la plante, entravée ou modifiée par les circonstances accessoires qui se produisent dans la cellule soumise aux températures extrêmes.

C'est ainsi qu'aux températures élevées, nous avons vu que l'altération souvent rapide de la chlorophylle tend à supprimer l'assimilation alors que la respiration s'exerce encore normalement.

D'une façon analogue au-dessous de 0°, des influences diverses peuvent intervenir, indépendamment du refroidissement lui-même. Il n'est pas douteux, par exemple, que la congélation, en retranchant de la cellule une quantité de plus en plus grande d'eau libre, n'ait sur la marche normale des différentes fonctions une action des plus sensibles.

Le degré inférieur de température auquel les échanges gazeux, ainsi peu à peu affaiblis par la combinaison de causes variées, doivent enfin être annulés, n'a jamais, que nous sachions, fait l'objet de recherches suivies. Ni la respiration ni l'assimilation n'ont été étudiées au-dessous de 0°.

Le genre d'expériences que nous poursuivons en ce moment sur la physiologie d'une classe de plantes qui fournissent les espèces dominantes de la flore arctique nous amène tout naturellement à chercher à combler cette lacune. Comment se comportent ces végétaux qui survivent aux basses températures?

A vrai dire, si l'on se préoccupe surtout de ce qui paraît se produire le plus fréquemment dans la nature, la réponse est des plus simples. Lorsqu'on recueille pendant les gelées de l'hiver (1), sur les arbres ou sur les rochers découverts, des Lichens ou des Mousses, on constate de suite que, le plus ordinairement, tous ces végétaux ne renferment pas la moindre proportion d'eau. Ils sont complètement desséchés, c'est-à-dire à l'état de

(1) Henri Jumelle : *La vie des Lichens pendant l'hiver* (Mémoires de la Société de Biologie, 6 décembre 1890).

vie latente; toute fonction se trouve ainsi naturellement suspendue.

Toutefois, c'est là un cas fréquent, mais non nécessaire. Il peut arriver aussi que, pour une raison quelconque, la plante, bien abritée par exemple, ne perde pas l'eau qu'elle renferme et reste exposée au froid, à l'état humide. Le fait est d'autant plus possible que la dessiccation n'est pas, comme on serait peut-être tenté de le supposer au premier abord, la cause de la résistante particulière des Lichens et de beaucoup de Cryptogames inférieures, aux basses températures. En effet, disons-le de suite, et nos expériences le démontreront suffisamment plus loin : les Lichens soumis imbibés d'eau, même à des froids de — 40 et — 50 degrés, résistent, en général, aussi bien que des échantillons secs.

C'est sur des individus ainsi maintenus humides, c'est-à-dire placés dans des conditions où ils ne sont pas normalement à l'état de vie latente, qu'il y a lieu d'examiner comment varient, avec l'abaissement graduel de température au-dessous de 0°, les différents échanges gazeux qui s'effectuent entre la plante et le milieu, à l'obscurité et à la lumière.

Aucune recherche n'ayant encore été faite en ce sens sur quelque espèce que ce soit, nous profiterons de l'occasion qui nous est offerte d'élucider un point encore obscur de physiologie générale. Dans ce but, nous ne limiterons pas notre étude aux Lichens, nous l'étendrons en même temps à quelques autres plantes susceptibles également de supporter, sans périr, des froids intenses.

1. — INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES SUR LA RESPIRATION.

Il est facile, tout d'abord, de s'assurer que la respiration des Lichens non desséchés peut être encore sensible à des températures inférieures à 0°.

Un *Parmelia Acetabulum* contenant trois fois et demie environ son poids sec d'eau a été placé à l'obscurité, pendant deux heures, à une température de — 2°, dans une éprouvette sem-

blable à celle que représente la figure 2 de la planche 4. Au bout de ce temps, ce Lichen a absorbé 0,31 p. 100 d'oxygène et rejeté 0,25 p. 100 d'acide carbonique.

Dans des conditions analogues, mais à une température encore inférieure à la précédente, à — 9°, un *Physcia ciliaris* a, en une heure, absorbé, pour 1 gramme de poids sec, 0^{cmc},129 d'oxygène et dégagé 0^{cmc},108 d'acide carbonique.

Un *Cladonia rangiferina*, un *Parmelia caperata*, un *Peltigera canina*, ont présenté, de même, une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique, à des températures variant entre — 9° et — 12°.

Mais ces résultats, nous devons le faire observer, prouvent surtout que le phénomène respiratoire, considéré en lui-même, est encore appréciable, bien que très affaibli, à — 10°. Il ne suit pas de là qu'en réalité un Lichen séjournant un certain temps à cette température continue à respirer. Les reches précédentes n'ont, en effet, eu qu'une durée d'une ou deux heures. Or il n'est pas impossible d'admettre que, le contenu cellulaire se congelant lentement, la respiration soit encore sensible après deux heures parce qu'une partie de ce contenu est encore liquide, mais ne le soit plus quelques heures plus tard, après congélation complète.

Pour être fixés sur ce point, nous avons laissé exposé au froid le *Parmelia Acetabulum* précédent, qui avait déjà séjourné deux heures à — 2°. Ce Lichen est resté pendant douze heures à une température qui a été quelque temps encore (4 heures) de — 2° puis est descendue à — 8°.

Pendant la première expérience qui avait duré deux heures à — 2°, le *Parmelia* avait dégagé 0,25 p. 100 d'acide carbonique. Dans cette seconde expérience où la température, avant de descendre à — 8°, est encore restée quatre heures à — 2°, le même Lichen n'a plus dégagé que 0,31 p. 100 d'acide carbonique, c'est-à-dire, en un temps bien plus long, à peu près la même quantité que précédemment.

D'une façon analogue, 1 gramme (poids sec) de *Physcia ciliaris* a absorbé :

En une heure à — 9°. . . . . $0^{cmc},129$ d'oxygène ;
Pendant l'heure suivante à — 9°. . . . . $0^{cmc},050$ —
Pendant deux autres heures à — 10°, . $0^{cmc},030$ —

En dix-huit heures la température est ensuite remontée de — 10° à — 4° ; La quantité d'oxygène absorbé a été de $0^{cmc},066$.

Enfin, la température restant de — 4° pendant quatre heures, cette quantité a été égale à $0^{cmc},100$.

En d'autres termes, pendant la seconde heure de l'expérience, la respiration a diminué d'intensité et est devenue bien plus faible que pendant la première heure, bien que la température n'ait pas varié.

Pendant les dix-huit heures qui se sont ensuite écoulées entre la troisième et la quatrième analyses, cette température s'est même constamment élevée, et cependant la quantité totale d'oxygène absorbé a été à peine supérieure à celle qui avait disparu pendant la seconde heure à — 9°.

De même, à la fin de l'expérience, il a disparu, en quatre heures à — 4°, moins d'oxygène qu'au début, en une heure à — 9°.

Ces différences, contraires à celles qui devraient se produire si l'action de la température était la seule agissante ne s'expliquent que si l'on admet que la quantité d'eau restant libre dans les tissus a subi une diminution progressive ; cette diminution ne peut avoir d'autre cause que la congélation.

L'hypothèse que nous avions faite se trouve donc confirmée par l'une et l'autre des expériences qui précèdent ; il y a bien, comme nous le supposions, aux basses températures, alors même que le degré de froid demeure invariable, affaiblissement graduel de la respiration, dû à une congélation de plus en plus grande.

La faible quantité d'oxygène absorbé par le *Physcia ciliaris*, après un séjour de quatre heures à — 10° laisse en outre entrevoir que cette température doit être voisine des dernières limites auxquelles le phénomène respiratoire est encore sensible en des périodes de temps limitées. C'est, en effet, ce qui a lieu.

Des éprouvettes renfermant des Lichens imbibés d'eau ont

été placées dans un mélange d'une partie de sel marin et de deux parties de neige. La température s'est abaissée très rapidement à — 20°, est restée stationnaire pendant quatre heures, et est remontée ensuite, en une heure, jusqu'à — 15°.

Or, pendant ces cinq heures, des exemplaires de *Cladonia rangiferina*, d'*Evernia prunastri*, de *parmelia caperata*, de *Physcia ciliaris* n'ont pas apporté dans la composition de l'atmosphère des éprouvettes, de modification sensible.

En résumé donc, *la température la plus basse à laquelle nous ayons observé nettement le phénomène respiratoire chez les Lichens est* — 10° *environ.*

L'arrêt de la respiration, au-dessous de ce degré, est évidemment produit, entre autres causes, à la fois par l'abaissement même de température agissant directement sur la fonction, et par la congélation qui soustrait à la cellule une quantité de plus en plus grande d'eau libre.

A — 10° *et au-dessous*, on a pu remarquer, dans nos expériences, que l'*intensité respiratoire va encore s'affaiblissant graduellement jusqu'à une certaine limite alors même que la température est devenue déjà, depuis un certain temps, stationnaire.*

Cela s'explique aisément par ce fait que le degré de congélation correspondant à une température déterminée n'est pas atteint immédiatement, aussitôt que cette température se produit, mais ne l'est qu'au bout d'un certain temps, sous l'influence persistante du froid.

Et, à ce propos, l'intensité relativement encore assez grande de la respiration, *au début de l'expérience*, chez les plantes exposées à — 10°, prouve que par elle-même, la fonction resterait peut-être encore sensible quelques degrés plus bas si la congélation ne venait, d'autre part, ajouter son action propre.

(*A suivre.*)

RECHERCHES

SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par M. E. AUBERT (*Suite*).

Durée d'une expérience. — J'ai étudié la respiration des plantes grasses en employant des tiges feuillées, des feuilles seules ou des raquettes. Les tiges feuillées étaient placées entières dans l'appareil chaque fois que leurs dimensions le permettaient (*Sedum* en général).

Les plantes grasses présentent, dans ce genre d'étude, un très grand avantage sur les végétaux ordinaires, car leurs fragments continuent à vivre normalement pendant plusieurs heures après avoir été détachés, et même pendant plusieurs jours, en ce qui concerne les raquettes de Cactées un peu épaisses. J'ai donc pu, sans inconvénient, étudier la respiration à l'obscurité pendant tout un jour (9 à 10 heures) et tout une nuit (12 à 14 heures). Les plantes ordinaires sont beaucoup plus délicates.

La diffusion des gaz à travers la paroi des plantes grasses n'est donc pas modifiée pendant la durée d'une expérience. Le travail de M. Mangin (1) sur la pénétration ou la sortie des gaz dans les plantes nous permet d'entrevoir, avant toute recherche spéciale, que les Cactées pourvues d'une forte cuticule épider-

(1) L. Mangin : *Recherches sur la pénétration ou la sortie des gaz dans les plantes.* (Annales de la science agronomique, française et étrangère. t. I, 1888.)

mique ont de faibles échanges gazeux avec l'atmosphère, surtout si l'on songe, comme l'a montré de Candolle, que le nombre de leurs stomates est notablement inférieur à celui des autres plantes. M. Mangin a trouvé, en effet, que le Cactus et l'Aloès sont rangés parmi les plantes dont la surface cutinisée se laisse le moins rapidement traverser par l'acide carbonique.

Les Crassulacées, dont les feuilles ont un épiderme mince, se rapprochent de la plupart des végétaux ordinaires. Leurs échanges gazeux nous paraissent, dès maintenant, devoir être supérieurs à ceux des Cactées.

Gaz contenus dans les organes étudiés. — Les plantes introduites dans une atmosphère confinée peuvent en modifier la composition par le mélange mécanique préalable de l'air que contiennent leurs lacunes avec l'air extérieur.

MM. Bonnier et Mangin ont fait remarquer que, par le brassage du gaz tant interne qu'externe à la plante, on en peut facilement obtenir la composition exacte. Ils ont montré que les plantes ordinaires, le plus souvent, ne modifient pas la composition de l'air extérieur, leur atmosphère interne étant très réduite. Le brassage préalable de l'air est donc à peu près inutile avec ces végétaux. Une observation du même genre s'applique aux plantes grasses peu charnues et pourvues d'une mince cuticule, comme la plupart des Crassulacées ; après brassage, la composition de l'air n'est pas changée, par le mélange à l'air extérieur du gaz renfermé dans ces plantes, surtout si elles sont plongées dans un volume d'air 15 ou 20 fois égal à leur propre volume.

Mais pour les Crassulacées très charnues, le brassage de l'air est indispensable avant de faire une prise de gaz quelconque.

Le résultat n'est malheureusement pas aussi satisfaisant avec les Cactées. Malgré le brassage, si parfait qu'il soit, on ne peut obtenir un mélange homogène du gaz de la plante avec l'air ambiant, car le gaz intérieur se déplace assez difficilement dans les lacunes. Ainsi, j'ai soumis au vide, approché à 3 ou 4 centimètres de mercure, une raquette de Cactée plongée dans de l'eau distillée et récemment bouillie, sous une éprouvette

reposant dans un cristallisoir également plein d'eau (le tout était recouvert d'une cloche); le gaz intérieur de la raquette s'en est échappé au début, avec abondance, par la section de base et les cicatrices d'insertion des feuilles tombées; ce gaz se rassemblait au sommet de l'éprouvette au-dessus de l'eau; j'ai laissé rentrer de l'air dans le récipient; la pression atmosphérique a fait pénétrer l'eau dans les lacunes de la raquette à la place de l'air précédemment extrait. J'ai répété la même opération cinq ou six fois successivement, et des bulles gazeuses se sont toujours dégagées; les dernières bulles étaient, il est vrai, de très petit volume.

La composition du gaz recueilli de cette manière, bien que légèrement modifiée par la dissolution d'une faible partie de ce gaz dans l'eau, montre que l'air intérieur des Cactées et des Crassulacées épaisses diffère assez de l'air extérieur. Les résultats suivants proviennent de six expériences d'extraction de gaz faites en juin et juillet 1891, à 9 heures du matin :

Noms des plantes.	Composition du gaz extrait.	
Crassula arborescens (1).........	CO^2 = 1,50 O = 26,45 Az = 72,05	Vive lumière avant 9 heures.
Id.	CO^2 = 0,22 O = 22,78 Az = 77,00	Ciel couvert.
Sedum dendroideum............	CO^2 = 0,85 O = 18,35 Az = 80,80	Vive lumière.
Phyllocactus grandiflorus.......	CO^2 = 0,41 O = 25,33 Az = 74,26	Vive lumière.
Opuntia tomentosa.............	CO^2 = 0,67 O = 24,02 Az = 75,31	Id.
Opuntia dejecta................	CO^2 = 0,47 O = 25,63 Az = 73,90	Id.

Dans quatre expériences sur six, la proportion d'oxygène a

(1) Les Crassulacées étaient totalement injectées d'eau dès la troisième opération de vide et de rentrée d'air dans le récipient.

été comprise entre 24 et 26,5 p. 100 ; cette proportion a été moindre pour le *Crassula arborescens*, le jour où le ciel était couvert le matin (7 juillet). C'est qu'en effet la lumière était trop faible pour provoquer une active décomposition des acides organiques formés pendant la nuit.

Ainsi, malgré l'imperfection du procédé que je viens de décrire pour extraire le gaz interne des Cactées et des Crassulacées épaisses, je puis conclure que :

L'atmosphère interne des Cactées et des Crassulacées épaisses diffère notablement de l'air extérieur par sa composition centésimale.

Le volume de cette atmosphère interne est-il bien considérable? Pour l'évaluer d'une manière approchée seulement, j'ai cherché l'augmentation de poids éprouvée par des feuilles de *Crassula* et des *jeunes* raquettes d'Opuntia injectées d'eau distillée par le procédé décrit plus haut, et j'ai rapporté à 1 gramme de poids frais cette augmentation, en admettant que toutes les lacunes ont été remplies d'eau et que le volume de la plante n'a pas changé. Dans une première expérience, une feuille de *Crassula arborescens* dont le poids frais était $3^{gr},354$ a subi, après injection, une augmentation de poids de $1^{gr},232$; le volume total de son atmosphère interne était donc, par suite des conventions précédentes, de 1 centimètre cube 232 ; pour 1 gramme de poids frais, l'atmosphère interne était de $0^{cmc},367$.

Pour une autre feuille de *Crassula arborescens*, l'atmosphère interne rapportée à 1 gramme de poids frais a atteint $0^{cmc},323$. Pour une grosse raquette, jeune encore, d'*Opuntia maxima*, ce volume a été de $0^{cmc},245$.

L'atmosphère interne des plantes charnues atteint donc le quart, le tiers, et quelquefois plus, de leur volume total, et la composition de cette atmosphère est différente de celle de l'air extérieur. Il est donc indispensable de procéder avec soin au brassage du gaz renfermé dans l'appareil à respiration, avant d'y faire une prise quelconque, bien que ce brassage ne soit qu'imparfait.

Il semble qu'en présence de telles incertitudes sur la véritable composition des mélanges gazeux, les conclusions que je

serai conduit à formuler au sujet de la respiration et de l'assimilation des plantes grasses ne présentent pas de garanties suffisantes pour être acceptées sans hésitation.

Je répondrai à cette objection toute naturelle que, dans toutes mes expériences, j'ai pris soin de placer les végétaux dans un volume d'air de dix à vingt fois supérieur au leur en général.

Je puis calculer à peu près, d'ailleurs, l'erreur commise dans l'appréciation de la composition de l'air.

Un gramme de poids frais de *Crassula arborescens* renferme, d'après l'une de mes expériences, un volume d'air égal à $0^{cmc},323$ qui contient, à la proportion de 79,2 p. 100 dans l'air, un volume d'azote égal à $0^{cmc},323 \times 0,792 = 0^{cmc},256$. Je suppose que, d'après une analyse faite le 6 juillet 1891, l'atmosphère interne de la plante renferme, à neuf heures du matin, au début d'une expérience, 28 p. 100 d'oxygène et d'acide carbonique, soit $100 - 28 = 72$ p. 100 d'azote; $0^{cmc},323$ renferment seulement : $0^{cmc},323 \times 0,72 = 0^{cmc},233$ d'azote.

Je fais une erreur de $0^{cmc},256 - 0^{cmc},233 = 0^{cmc},023$ pour l'azote et par gramme de poids frais de la plante, en admettant que je n'ai fait aucun brassage préalable, prenant comme composition totale de l'air confiné dans l'appareil la composition de l'air extérieur. Mais la plante est placée dans un volume d'air de dix à vingt fois supérieur au sien; l'erreur est donc diminuée dans la même proportion; c'est-à-dire qu'elle varie entre $\frac{0^{cmc},023}{10}$ et $\frac{0^{cmc},023}{20}$, soit entre $2^{mmc},3$ et $1^{mmc},15$ pour un volume d'air de 10 à 20 centimètres cubes, c'est-à-dire de $\frac{23}{79\,200}$ à $\frac{115}{792\,000}$ ou de $\frac{1}{3\,440}$ à $\frac{1}{6\,880}$ par rapport à l'azote total. Cette erreur est donc négligeable.

Ainsi malgré les imperfections que j'ai pris soin de signaler, et qui sont toutes inhérentes à un procédé expérimental quelconque, mes résultats présentent une précision suffisante pour que les conclusions auxquelles ils donneront lieu aient une réelle valeur scientifique.

D'ailleurs on remarquera plus loin que l'étude de la respira-

tion d'une même espèce de plante grasse (Crassulacées) a donné, dans des conditions identiques et avec des organes divers, des valeurs du rapport $\frac{CO^2}{O}$ tellement voisines que ce rapport peut être considéré comme constant dans ces conditions nettement définies.

Nature des gaz émis et absorbés dans la respiration des plantes grasses à l'obscurité. — MM. Bonnier et Mangin ont montré que les plantes ordinaires absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique à l'obscurité, sans modifier la quantité d'azote de l'atmosphère où elles sont plongées. La quantité d'oxygène absorbée différant généralement de la quantité d'acide carbonique dégagée, la proportion pour 100 d'azote varie dans le cours d'une expérience sans qu'il y ait pour cela un changement effectif dans le volume d'azote confiné. Aussi les deux savants physiologistes ont-ils tenu compte de la constance de l'azote pour y ramener les proportions d'oxygène et d'acide carbonique échangées par les plantes avec l'air ambiant, dans chacune de leurs expériences.

Suis-je en droit de procéder ainsi avec les plantes grasses? En un mot, *les plantes grasses émettent-elles de l'azote?* J'ai parlé plus haut, dans l'historique de la question, des recherches méticuleuses faites par Boussingault à ce sujet. Parmi les expériences que j'ai réalisées avec les Cactées (pour lesquelles surtout il importe d'envisager la question), j'en citerai une seulement, du 18 novembre 1891.

Une jeune raquette d'*Opuntia maxima* D (fig. 64) de $14^{gr},009$ fut placée dans une éprouvette B, pleine d'eau distillée récemment bouillie, laquelle s'engageait dans une éprouvette à pied A contenant une petite couche de mercure C et une certaine quantité d'eau distillée. Je fis le vide dans l'appareil qui communiquait avec une pompe d'Alvergniat P par un tube *t*, à robinet *r*, traversant le bouchon E de l'éprouvette A (Le bouchon E était recouvert d'une épaisse couche de gélatine glycérinée).

Le vide fut approché à 25 millimètres de mercure et maintenu jusqu'à ce que les bulles gazeuses, s'échappant de la ra-

quette et de l'eau, eussent cessé de se dégager. Je laissai rentrer de l'air dans l'éprouvette A de manière à injecter partiellement d'eau la raquette D. Je fis le vide à nouveau et rétablis la pression ainsi, six fois de suite, jusqu'à ce que la raquette n'émît plus de bulles gazeuses d'une manière appréciable. J'enlevai le gaz extrait de la raquette et j'exposai celle-ci, dans l'appareil même, totalement plongée dans l'eau qui remplissait l'éprouvette B, à la lumière solaire directe pendant quatre heures (de 11 heures du matin à 3 heures du soir). Quelques bulles gazeuses s'accumulèrent en haut de l'éprouvette B, et je refis la même opération que le matin, de manière à recueillir à peu près

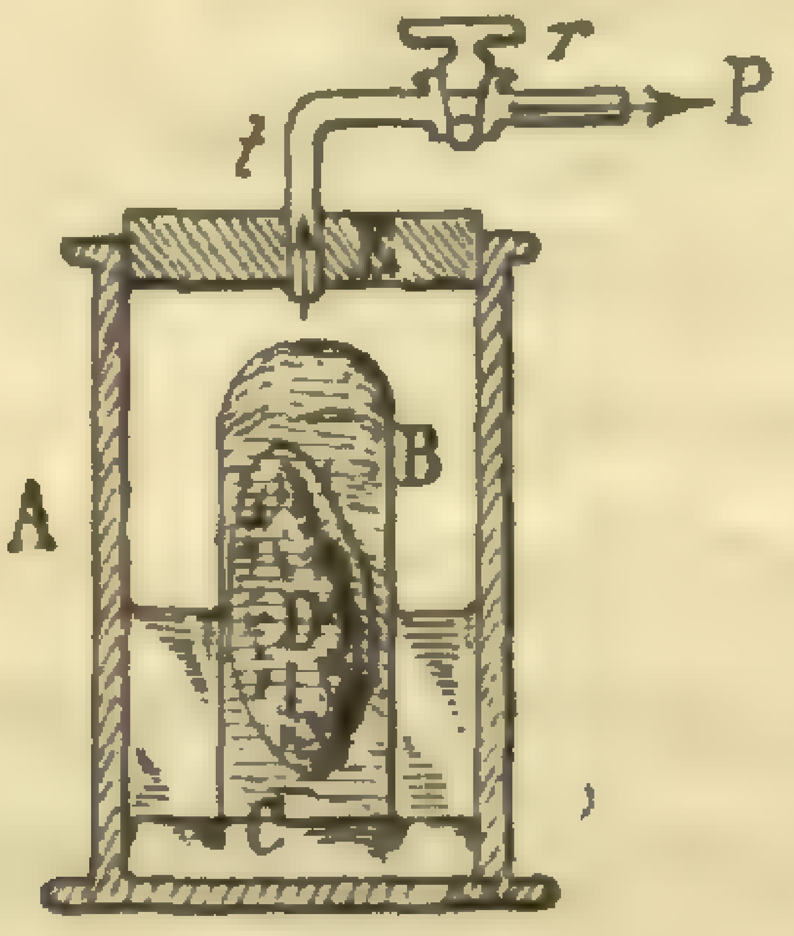


Fig. 64. — A, Éprouvette à pied renfermant de l'eau distillée et en C une couche de mercure ; B, éprouvette pleine d'eau distillée avec une raquette de Cactée D ; E, bouchon de liège recouvert de gélatine glycérinée et traversé par un tube *t* avec robinet *r*. Le tube *t* met en communication l'éprouvette A avec une pompe d'Alvergniat P.

tout le gaz qui avait pu se former dans la raquette pendant son insolation. J'obtins ainsi $0^{cmc},75$ environ d'un gaz ayant pour composition centésimale :

$$CO^2 = 2.53 \qquad O = 73.60 \qquad Az = 23.87$$

Le gaz dégagé renfermait de l'azote dont le volume dégagé par 1 gramme de poids frais était égal à :

$$\frac{0^{cmc},75 \times 23.87}{100 \times 14.009} = 0^{cmc},0128, \text{ ou 13 millim. cubes environ.}$$

Le volume de l'atmosphère interne de la raquette, déterminé par son augmentation de poids dans l'eau dont elle a été injectée, a été trouvé de 424 millimètres cubes par gramme de poids frais.

En faisant le vide à 25 millimètres près, il est resté dans la raquette, par gramme de poids frais, 1 volume d'air égal à

$$\frac{424^{mmc}, \times 25}{760} = 13^{mmc},8 \text{ contenant}$$

$$13^{mmc},8 \times 0.792 = 10^{mmc},9 \text{ d'azote.}$$

Ainsi la quantité d'azote dégagée dans l'eau par la raquette ($12^{mmc},8$) est comparable à celle ($10^{mmc},9$) qui a pu rester dans cette raquette par suite du vide incomplet.

J'ai obtenu, dans plusieurs cas comme celui-ci, un léger excès d'azote dégagé ; mais la proportion en excès me paraît devoir être attribuée à la solubilité de ce gaz dans le suc cellulaire.

Il résulte de ce qui précède que :

Les Cactées ne dégagent pas d'azote provenant de la décomposition de leur substance. L'azote qu'elles émettent en même temps que l'oxygène dans leurs échanges gazeux à la lumière, est en quelque sorte drainé par l'oxygène dont la tension devient très forte dans l'atmosphère interne de ces plantes.

A l'obscurité, ce drainage est très faible ou même nul, puisque les Cactées puisent de l'oxygène au dehors sans émission bien considérable d'acide carbonique.

En résumé :

1° L'atmosphère interne des plantes grasses diffère assez de l'air extérieur, non par la nature des gaz qui la composent, mais par les proportions relatives de cès gaz.

2° Les plantes grasses ne dégagent pas d'azote provenant de la décomposition de leur substance propre.

3° Le brassage réalisé au début et à la fin de chaque expérience est suffisant pour que les données de l'analyse puissent être considérées comme satisfaisantes.

Ces trois points acquis, chaque expérience donne lieu à deux analyses par lesquelles on détermine les compositions centésimales des gaz au début et à la fin de l'expérience. Comme généralement la proportion pour 100 d'azote n'est pas la même dans les deux cas, je ramène toujours les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé au volume d'azote con-

tenu dans le gaz initial, admettant, ainsi qu'il résulte des considérations précédentes, que le volume d'azote n'a pas changé.

Soient V_o et V_c les volumes d'oxygène et d'acide carbonique contenus dans le gaz initial ; V_o' et V_c' les volumes des mêmes gaz contenus dans l'atmosphère finale rapportés au volume d'azote du début : La différence $V_o - V_o'$ donne la quantité d'oxygène absorbé et $V_c' - V_c$ indique celle d'acide carbonique dégagé par la plante.

$\frac{V_c' - V_c}{V_o - V_o'}$ est la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ de l'acide carbonique dégagé à l'oxygène absorbé par le végétal pendant la durée de l'expérience.

J'ai noté le temps pendant lequel la plante a été soumise à la respiration dans l'obscurité, la température, le poids frais de la plante et le volume de l'air dans lequel elle a été placée.

Par des calculs très simples, j'ai évalué à l'aide de ces nombres et exprimé *en millimètres cubes, les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé, en une heure, par 1 gramme de poids frais du végétal étudié.*

Exemple. — Une tige de *Sedum reflexum*, pesant 1^{gr},65, est placée à l'obscurité dans 34^{cmc},6 d'air, à la température de 23°, depuis 6 heures 25 du soir jusqu'à 8 heures 25 le lendemain matin.

L'analyse du gaz au début donne 20,79 d'oxygène et 79,21 d'azote. — A la fin de l'expérience, les divisions lues sur l'appareil à analyses sont :

Volume initial........................	481	28,1 de CO^2.
Volume après traitement par la potasse..	452,9	
— — le pyrogall. de potasse.	384	68,9 d'oxygène.

Les proportions pour 100 de ces gaz sont :

$$\frac{28,1}{4,81} = 5,84 \text{ pour } CO^2 \text{ et } \frac{68,9}{4,81} = 14,32 \text{ pour l'oxygène.}$$

La composition centésimale du gaz à la fin est :

$$CO^2 = 5,84 \qquad O = 14,32 \qquad Az = 79,84$$

Ramenant les proportions d'oxygène et de CO^2 à 79,21 d'azote, on a :

$$CO^2 = 5,79 \qquad O = 14,21 \qquad Az = 79,21$$

On en déduit :

$$CO^2 \text{ dégagé} = 5,79$$
$$O \text{ absorbé} = 20,79 - 14'21 = 6,58$$

Le rapport $\frac{CO^2}{O} = \frac{5,79}{6,58} = 088.$

Cherchons maintenant les volumes des deux gaz échangés par 1 gramme de poids frais de la plante en une heure. La marche à suivre étant la même pour chacun d'eux, je l'indiquerai pour l'acide carbonique seulement.

La quantité d'acide carbonique contenue dans 1 centimètre cube d'air à la fin de l'expérience est $0^{cmc},0579$; $34^{cmc},6$ en renferment : $0^{cmc},0579 \times 34,6$, volume d'acide carbonique dégagé par $1^{gr},65$ de la plante en quatorze heures.

En une heure, 1 gramme de poids frais de la plante a dégagé :

$$\frac{0^{cmc},0579 \times 34,6}{1,65 \times 14} = 0^{cmc},087 \quad \text{ou} \quad 87 \text{ millim. cub. de } CO^2.$$

Le volume d'oxygène absorbé dans les mêmes conditions est de $\frac{87}{0,88} = 99$ millimètres cubes.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Suite*).

Les Gleichéniacées sont actuellement une des familles de Fougères les plus mal connues au point de vue de la germination de la spore, de la formation des prothalles et des produits sexuels. M. Rauwenhoff (1) a entrepris depuis nombre d'années déjà de combler cette lacune. Il fait connaître aujourd'hui l'ensemble des faits qu'il a observés. Excepté chez le *Gleichenia flabellata* où elles sont bilatérales et en forme de petits haricots, les spores des Gleichéniacées ont une structure radiaire; arrondies d'un côté elles sont limitées de l'autre par trois faces sensiblement planes de façon à figurer un segment sphérique surmonté d'une pyramide triangulaire. Les arêtes latérales des faces planes sont épaissies et il en est de même de la partie moyenne des arêtes de la base; ces derniers épaississements ou « poutres » font saillie à l'extérieur. La paroi est formée de trois couches : la périspore très mince, l'exospore épaisse et stratifiée, l'endospore, très mince; aucune d'elles ne donne les réactions de la cellulose. Au moment de la maturité le contenu est d'un jaune d'or foncé. On n'y trouve pas d'amidon mais des globules de nature inconnue ayant l'aspect et non les réactions des corps gras. Les cultures présentent les plus grandes difficultés. Au moment de la germination la spore perd sa couleur jaune puis verdit bientôt par formation de chlorophylle; ses globules d'aspect graisseux se fragmentent et elle acquiert de l'amidon. Elle s'ouvre par écartement de ses trois valves lorsqu'elle est radiaire, de ses deux moitiés quand elle est bilatérale, et le contenu fait saillie sous forme d'une papille dont la paroi qui, pour Leitgeb représente l'endospore, est, pour l'auteur, de nouvelle formation. On peut voir alors que la spore s'est divisée par une cloison en deux cellules, l'une verte qui est l'initiale du prothalle, l'autre incolore qui est le premier rhizoïde.

Dans la règle, la cellule à chlorophylle, qui s'accroît rapidement, forme à la suite de cloisonnements répétés un filament de 4-12 cellules dont la terminale donne naissance à un prothalle cordiforme par le mode habituel chez les Fougères. Le prothalle présente un coussinet axial et est pourvu de rhizoïdes ordinairement bruns. Les anthéridies apparaissent de bonne heure, principalement entre les rhizoïdes; on peut en trouver aussi à la face supérieure du prothalle; leur développement et leur déhiscence ne présentent rien de bien particulier. Les archégones apparaissent un peu plus tard sur

(1) N. W. P. Rauwenhoff : *La génération sexuée des Gleichéniacées* (Archives Néerlandaises, t. XXIV, p. 157-231, 7 pl.).

le coussinet, dans la partie la plus voisine de l'échancrure et toujours sur la face inférieure. Leur structure est d'abord la même que dans les autres Fougères, mais plus tard, pendant les premiers stades du développement de l'œuf, leur paroi se dédouble en deux assises cellulaires. L'auteur attribue ce fait à la lenteur de la croissance de ces plantes. L'oosphère fécondée donne naissance par divisions successives à un corps globuleux à petites cellules dont la cellule apicale de la racine est la première à se différencier ; la jeune plantule perfore ensuite les parois de l'archégone et se développe tout d'abord aux dépens du prothalle. On peut observer dans la formation du prothalle un certain nombre de déviations dont M. Rauwenhoff décrit quelques-unes. La génération sexuée des Gleichéniacées est donc maintenant aussi bien connue que celle des autres Fougères.

18° *Croissance.*

Les travaux relatifs à la croissance terminale de la tige des Phanérogames sont aussi nombreux que contradictoires. Si l'on s'en tient à leurs résultats les plus généraux, on peut cependant les ranger dans deux catégories. Dans la première se placent ceux qui concluent à l'existence d'une cellule génératrice unique comme chez les Cryptogames (Hofmeister, Pringsheim, Nägeli, Westermaier, Korschelt, Dingler, etc.), dans la seconde ceux qui admettent plusieurs cellules génératrices (Hanstein, Sanio, N. Müller, Karsten, Vöchting, Haberlandt, etc.). M. H. Douliot (1), ayant repris l'étude de la question, arrive aux conclusions suivantes : Dans la très grande majorité des Dicotylédones, la tige est terminée par trois cellules initiales donnant respectivement l'épiderme, l'écorce, le cylindre central, et dans un petit nombre d'autres par deux initiales seulement : dans ce cas une initiale est commune à l'écorce et au cylindre central ; chez les Monocotylédones, le cas de deux initiales est le plus fréquent ; chez les Gymnospermes, la tige n'a partout qu'une seule initiale à son sommet.

D'autre part, M. L. Koch (2), qui vient de publier un travail très étendu sur la croissance terminale de la tige des Gymnospermes, a toujours constaté dans ces plantes l'existence de plusieurs initiales dont le nombre n'est pas fixe, mais ne descend jamais jusqu'à l'unité. On voit que la question est loin d'être résolue. Le botaniste non prévenu hésitera longtemps encore à accepter les résultats d'observations dont le contrôle est si difficile, et qui revêtent ici plus qu'ailleurs un caractère absolument individuel.

III. — Anatomie appliquée a la classification.

1° *Dicotylédones.* — a. *Gamopétales.*

Campanulacées et Lobéliacées. — On sait que les deux familles des Lobé-

(1) H. Douliot : *Recherches sur la croissance terminale de la tige des Phanérogames* (Annales des sciences naturelles, Botan. 7e sér., t. XI, p. 283-350, 1890) ; — *Recherches sur la croissance terminale de la tige et de la feuille des Graminées* (ibid., 7e sér., t. XIII, p. 92-102, 1891).

(2) L. Koch : *Ueber Bau und Wachsthum der Sprossspitze der Phanerogamen* Jahrbücher fur wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, Heft 4, p. 490-680, 1891).

liacées et des Campanulacées sont très voisines des Composées par leurs caractères morphologiques; d'après M. J. Seligmann (1), elles s'en rapprochent beaucoup aussi par l'ensemble de leur structure anatomique.

Loganiacées. — Les Loganiacées constituent une famille très hétérogène dont les genres sont apparentés aux Rubiacées, Scrophularinées, Apocynacées, Gentianées. Des recherches anatomiques de M. H. Solereder (2), il résulte que la tribu des Gærtnérées établie par MM. Bentham et Hooker dans cette famille pour les trois genres *Gærtnera*, *Pagamea* et *Gardneria*, doit être démembrée. D'après l'auteur, le genre *Gardneria* doit rester parmi les Loganiacées, mais se placer dans la tribu des Strychnées entre les genres *Strychnos* et *Couthovia;* quant aux genres *Gærtnera* et *Pagamea*, ils doivent se placer dans la famille des Rubiacées, tribu des Psychotriées, entre les genres *Chazalia* et *Psychotria*.

On sait que, d'après de Bary, les îlots libériens intercalés dans le bois secondaire des *Strychnos* résultent de l'activité centrifuge du cambrium et que M. Hérail les considère au contraire comme étant d'origine centripète. MM. D.-H. Scott et G. Brebner (3) qui ont pu étudier le développement de ces formations sur des matériaux frais, se rangent à l'opinion de M. Hérail. Les groupes libériens interligneux sont, d'après ces auteurs, indépendants les uns des autres dans les entre-nœuds, mais contractent des anastomoses dans les nœuds. Le bois placé à la partie interne de chaque îlot est formé de fibres ligneuses, le bois externe de parenchyme ligneux. Les auteurs ont trouvé des tubes criblés médullaires dans la racine, mais n'ont pas observé la formation d'îlots libériens dans le bois secondaire des racines âgées.

Apocynées. — D'après M. Leonhard (4), les Apocynées, tout en formant un groupe naturel, présentent peu de caractères anatomiques généraux. En dehors de la disposition en files radiales régulières des éléments du bois et de l'existence, sauf cependant dans l'*Arduinia spinosa*, de tubes criblés périmédullaires accompagnés de fibres non lignifiées, tous les autres caractères sont dépourvus de généralité. L'auteur considère comme de faible valeur systématique, à cause de leur inconstance, un certain nombre de particularités de structure signalées comme caractéristiques par M. Solereder; il en est ainsi, par exemple, de la résorption complète des cloisons transversales des grands vaisseaux, des ponctuations aréolées du prosenchyme, etc.

Convolvulacées. — M. D.-H. Scott (5) a étudié divers points de l'anatomie de l'*Ipomæa versicolor*, et en particulier la marche et la structure des faisceaux dans leur passage de la racine à la tige. Il a observé dans l'axe hypoco-

(1) J. Seligmann : *Ueber anatomische Beziehungen der Campanulaceen und Lobeliaceen zu den Compositen* (Botanisches Centralblatt, Bd. XLIII, n° 12, p. 1-5, 1890).

(2) H. Solereder : *Studien über die Tribus der Gærtnereen* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, General-Versammlungs-Heft, Abth. I, p. 70-100, 1890).

(3) D.-H. Scott and G. Brebner : *On the Anatomy and Histogeny of Strychnos* (Annals of Botany, vol. III, n° 11, p. 275-304, 2 pl.)

(4) M. Leonhard : *Beiträge zur Anatomie der Apocynaceen* (Botanisches Centralblatt, Bd. XLV, n°s 1-5, 1891).

(5) D. H. Scott : *On some points in the Anatomy of Ipomæa versicolor* (Annals of Botany, vol. V, n° 18, p. 173-280, 1891).

tylé et dans les parties voisines de la racine et de la tige la formation d'un bois secondaire renfermant des plages criblées qui d'après lui dérivent de l'activité centrifuge de l'assise génératrice.

Orobanchées. — On sait que les *Lathræa* et les *Orobanche* sont réunies dans une même famille, celles des Orobanchées par un certain nombre de botanistes descripteurs, tandis que d'autres rapprochent les *Orobanche* des Gesnéracées et les *Lathræa* des Scrophularinées et plus particulièrement des Rhinanthées. D'après M. M. Hovelacque (1), l'étude comparative des caractères anatomiques des Rhinanthées, des Lathrées et des Orobanches montre que les Lathrées sont beaucoup plus rapprochées des Rhinanthées que des Orobanches. Il reste à chercher les rapports entre ces dernières et les Gesnéracées.

Labiées. — On sait que M. Émile Burnat (2) a déjà publié sous le titre : *Matériaux pour servir à l'histoire de la flore des Alpes-Maritimes*, une série de monographies substantielles sur différents groupes intéressants de végétaux des Alpes-Maritimes (*Rosa*, *Hieracium*, *Festuca*). Cette collection vient de s'enrichir d'un nouveau volume consacré aux genres *Mentha*, *Ajuga*, *Lycopus*, *Teucrium*, *Scutellaria*, *Galeopsis*, *Rosmarinus*. Ce travail, dû à M. J. Briquet (2), présente cette supériorité sur la plupart des monographies consacrées à l'étude systématique de groupes de plantes que les caractères anatomiques y sont étroitement associés aux caractères morphologiques et que les données biologiques ont été aussi mises à profit dans une large mesure. Après une étude sur l'anatomie, la morphologie et la biologie générales des plantes de la famille des Labiées, l'auteur consacre un chapitre spécial à l'examen détaillé des caractères morphologiques, anatomiques et biologiques de chaque genre, de ses subdivisions et de ses espèces ou variétés. Chaque chapitre renferme un tableau synoptique résumant ces caractères pour le genre auquel il est consacré. Dans le cours de ses recherches l'auteur a constaté que si la concomitance des caractères morphologiques, anatomiques et biologiques peut s'observer dans un certain nombre de cas elle est loin d'être constante. On a tort, en conclut-il, de se représenter une plante comme un organisme dont toutes les fonctions sont fatalement liées les unes aux autres. Tel changement dans les conditions extérieures pourra n'affecter qu'une certaine catégorie de fonctions, de sorte qu'il en résultera une discordance finale.

Utriculariées et Gentianées. — Les diverses espèces du genre *Utricularia* ont été l'objet d'une étude approfondie à la fois morphologique et biologique, due à M. K. Gœbel (3). Pour ce botaniste, les organes foliacés des Utriculaires ne sont que des cladodes et ce point de vue paraît être confirmé par les diverses particularités du développement de ces plantes. M. Gœbel,

(1) M. Hovelacque : *Caractères anatomiques généraux des organes végétatifs des Rhinanthacées et des Orobanchées* (Bulletin de la Société d'études scientifiques de Paris, 11e année, 2e semestre).

(2) E. Burnat : *Matériaux pour servir à l'histoire de la Flore des Alpes-Maritimes. — Les Labiées des Alpes-Maritimes par* M. John Briquet, 1 vol. in-8, 184 p., avec fig., Genève et Bâle, H. Georg. 1891).

(3) K. Goebel : *Morphologische und biologische Studien* (Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, vol. IX, p. 1-126, 1890).

en outre, a fait des recherches sur la morphologie et l'anatomie de quelques espèces du genre *Limnanthemum*. Pour lui, l'opinion d'Eichler, d'après laquelle l'inflorescence de ces plantes serait un rameau latéral est inexacte; la plante est entièrement sympodiale. L'auteur montre, en outre, que la longueur de l'axe de l'inflorescence est toujours en relation avec la profondeur de l'eau.

Ebénacées. — De ses recherches sur les caractères morphologiques et anatomiques des diverses espèces du genre *Euclea* (Ebénacées), M. Paul Parmentier (1) conclut que l'*Euclea racemosa* constitue un type nodal à affinités multiples autour duquel les autres espèces du genre peuvent venir se ranger.

Ericacées et Epacridées. — On sait que par leurs caractères morphologiques les Epacridées sont voisines des Ericacées. D'après M. F. Simon (2), ces deux familles se relient étroitement au point de vue anatomique par leurs fibres péricycliques à ponctuations aréolées. Les Epacridées, en outre, présentent un certain nombre de caractères propres : parois radiales des cellules épidémiques fortement ondulées, fibres ligneuses à ponctuations aréolées, ponctuations des parois transversales des vaisseaux ordinairement scalariformes; toutefois ce dernier caractère n'a pas la constance que lui attribue M. Solereder. Quant aux Ericacées, l'auteur admet avec MM. Niedenzu et Breifelt que les caractères anatomiques de leurs feuilles ont une haute valeur systématique.

b. *Dialypétales.*

Saxifragacées. — Les Saxifragacées constituent une famille par enchaînement réunissant des plantes si différentes les unes des autres qu'on n'a pu jusqu'à présent fournir un résumé de ses caractères morphologiques sans se heurter aussitôt à de nombreuses exceptions. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que M. Thouvenin (3) n'ait pu réussir à donner la diagnose anatomique de cette famille. L'anatomie ne lui a pas permis non plus de distinguer les unes des autres les tribus établies dans la famille, à cause sans doute des nombreuses formes de passage qui les relient entre elles. M. K. Leist (4) n'a pas été plus heureux dans les tentatives qu'il a faites pour concilier dans les diverses sections du genre *Saxifraga* les caractères anatomiques avec les caractères morphologiques.

Cucurbitacées. — Les Cucurbitacées étudiées jusqu'ici au point de vue anatomique étaient toutes herbacées, M. C. Potter (5) décrit la structure

(1) P. Parmentier : *Sur le genre Euclea* (*Ébénacées*) (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 13 juillet 1891).

(2) F. Simon : *Beiträge zur vergleichende Anatomie der Epacridaceæ und Ericaceæ* (Engler's Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte, etc., Bd. XIII, Heft 1, p. 15-45, 1890).

(3) Thouvenin : *Recherches sur la structure des Saxifragacées* (Annales des sciences naturelles, Botan., 7e sér., t. XII, p. 1-174).

(4) K. Leist : *Beiträge zur vergleichende Anatomie der Saxifrageen* (Botanisches Centralblatt, Bd. XLIII, nos 6-12, 1890).

(5) C. Potter : *On the increase of the thickness of the stem of the Cucurbitaceen* (Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, vol. VIII, Pt. I, p. 14-16, 2 pl., 1890); — *Additional note on the thickening of the stem of the Cucurbitaceae* (Ibid., Pt. II, p. 1-2, 1890).

de trois espèces ligneuses : *Cephalandra indica* Naud., *Trichosanthes villosa* Bl. et *T. anamalayana* Bedd. Dans ces plantes, les jeunes rameaux présentent à peu près la même structure que la tige des *Cucurbita*, avec cette différence toutefois que l'écorce est dépourvue de sclérenchyme. Dans les rameaux plus âgés, le cambium conserve son activité et détermine l'accroissement en épaisseur de la tige comme dans les autres Dicotylédones ligneuses ; en outre, de nouveaux faisceaux apparaissent entre les faisceaux primaires.

Passiflorées. — D'après M. W. RUSSELL (1), la vrille des Passiflores représente un rameau axillaire modifié qui peut présenter à sa base plusieurs rameaux secondaires dépourvus de feuilles axillantes, dont le premier peut donner soit un rameau feuillé, soit un pédicelle floral; les suivants deviennent des pédicelles floraux ou bien avortent en tout ou en partie.

Mélastomacées. — Des observations de M. PH. VAN TIEGHEM (2), il résulte que les Mémécylées doivent prendre définitivement place parmi les Mélastomacées, dont elles forment une tribu bien caractérisée par son bois secondaire à îlots de liber inclus. En outre, à son avis, les genres *Ptermandra*, *Kibessia* et *Rectomitra*, qui ont aussi du liber inclus dans leur bois secondaire, doivent venir se ranger à côté des genres *Memecylon* et *Mouriria*, qui formaient à eux seuls primitivement la tribu des Mémécylées. M. Van Tieghem, dont les observations se sont étendues peu à peu à toute la famille des Mélastomacées, résume en un tableau général la classification des plantes de cette famille telle qu'elle résulte pour lui de leurs caractères anatomiques, de leurs caractères extérieurs et de leur distribution géographique.

Rosacées. — On sait que le petit groupe des Kerriées a été placé par les botanistes descripteurs entre les Spiréacées et les Potentillées. D'après M. G. PROTITS (3), l'anatomie d'accord, d'ailleurs en cela avec la morphologie, exige le démembrement de la tribu des Kerriées. Deux de ses genres (*Kerria*, *Neviusia*) doivent continuer à se placer à côté des Spiréacées et des Potentillées dont les rapproche en particulier l'origine péricyclique de leur périderme; quant au troisième (*Rhodotypus*), qui s'éloigne des deux autres spécialement par son périderme sous-épidermique et en outre par des caractères morphologiques importants, il doit être exclu de la tribu des Kerriées. Des recherches ultérieures pourront seules faire connaître sa véritable place.

Légumineuses. — D'après M. P. VUILLEMIN (4), la structure anatomique des feuilles de *Lotus* est telle qu'elle permet de définir ce genre, qu'elle donne des indications sur ses affinités et qu'elle fournit des matériaux pour la distinction et le groupement des espèces.

(1) W. Russell : *Recherches sur la vrille des Passiflores* (Bulletin de la Soc. botan. de France, t. XXXVII, fasc. IV, p. 189-191, 1890).

(2) Ph. Van Tieghem : *Sur la structure et les affinités des Mémécylées* (Annales des Sciences naturelles, Botan., 7e série, t. XIII, p. 23-92, 1891).

(3) G. Protits : *Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die Vegetationsorgane der Kerrieen, Spireaceen und Potentilleen* (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien., Bd. C, Heft 4, p. 236-267, 1891).

(4) P. Vuillemin : *Sur la structure des feuilles de Lotus* (Bulletin de la Société botan. de France, t. XXXVII, fasc. 4, p. 206-213).

(*A suivre.*) A. PRUNET.

Ed. Janczewski & Miczyński del.

Anemone. Fruit.

Lit. A. Pruszyńskiego w Krakowie.

Ed. Janczewski & Miczyński del. Lit. A. Pruszyńskiego w Krakowie

Anemone. Germination

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la ***Revue.***

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIEME

Livraison du 15 juillet 1892

N° 43

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 JUILLET 1892

Pages.

I. — ÉTUDES MORPHOLOGIQUES SUR LE GENRE *ANEMONE* L. (avec planches), par **M. Édouard de Janczewski**. (*fin*) 289

II. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES LICHENS (avec planches), par **M. Henri Jumelle** (*fin*) 305

III. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*suite*) 320

IV. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*suite*) 332

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHES 14 et 15. — *Anemone : Germination.*

Cette livraison renferme en outre 1 gravure dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

ÉTUDES MORPHOLOGIQUES

SUR LE GENRE *ANEMONE* L.

Par M. Édouard de JANCZEWSKI *(Fin)*.

CHAPITRE DEUXIÈME.

GERMINATION.

La germination de plusieurs Anémones a été étudiée par Th. Irmisch (1), et ses observations sur les *A. coronaria*, *A. alpina*, *A. Pulsatilla*, *A. silvestris*, *A. Hepatica*, *A. nemorosa*, *A. ranunculoides*, ne laissent rien à désirer au point de vue de l'exactitude et de l'interprétation des faits observés. Elles ont démontré que, dans le genre Anémone, pris dans ses plus vastes limites, la germination ne s'opère pas d'une manière uniforme, mais suivant quatre manières :

1° Pétioles cotylédonaires longs, soudés en tube qui est ensuite fendu à sa base par le bourgeon en voie de développement (*A. coronaria*, *A. alpina*, *A. narcissiflora*);

2° Pétioles cotylédonaires courts, libres, permettant au bourgeon de se développer sans obstacle (*A. Pulsatilla*, *A. silvestris*);

3° Pétioles cotylédonaires libres, mais le bourgeon ne développe les feuilles normales que l'année suivante (*A. Hepatica*);

4° Cotylédons hypogés, sessiles (*A. nemorosa*, *A. ranunculoides*).

En se basant sur ces observations, Irmisch exprima l'opinion

(1) Irmisch. *Morphologie der Knollen-und Zwiebelgewachse*. 1850, pag. 205, 206. *Ueber einige Ranunculaceen*. Botan. Zeitung. 1856, pag. 1, 11, 17, 19.

que la classification des Anémones n'était pas naturelle et qu'on ne saurait réunir dans la même section des plantes aussi disparates que le sont l'*A. silvestris* et l'*A. nemorosa*. Il a même proposé de donner le nom d'*Hylalectryon* aux *A. nemorosa*, *ranunculoides*, *trifolia* et à leurs voisines, en un mot aux Sylvies.

Nous avons cru de notre devoir de répéter les observations d'Irmisch et de les étendre à toutes les espèces indigènes et exotiques dont nous avons pu nous procurer les graines propres à germer. Malheureusement le nombre des espèces étudiées est trop restreint pour que nous puissions affirmer que la germination de toutes les Anémones s'opère toujours suivant l'une des manières que nous avons reconnues dans le cours de ces recherches.

Il a été démontré dans le chapitre précédent que l'*embryon* des Anémones est tantôt dicotylédoné, tantôt acotylédoné. Son développement est de la plus haute importance pour la germination. Lorsqu'il est *dicotylédoné*, le temps qui lui est nécessaire pour digérer l'albumen et produire une nouvelle plante, n'est pas long en général. En effet, l'intervalle qui s'écoule entre l'ensemencement de la graine et l'apparition des cotylédons à la surface de la terre, ne dure que quelques semaines, si les circonstances sont favorables et les graines fraîches. Les graines conservées plus longtemps sont plus lentes à germer et mettent quelquefois un an pour passer de la germination à la plante développée; on observe aussi parmi les graines fraîches quelques retardataires. L'embryon *acotylédoné* est obligé de multiplier ses cellules, et de former ses cotylédons et sa racine pour atteindre le même état de développement que possède l'embryon dicotylédoné; il a donc besoin d'un certain temps pour ce développement complémentaire et ne peut pas se transformer aussi vite en une nouvelle plante. En effet, sa germination ne devient apparente qu'au printemps suivant, après toute une année; en réalité elle a commencé bien plus tôt, en automne déjà, quand la racine a percé le péricarpe. Au printemps suivant, les cotylédons déchirent le péricarpe, apparaissent à la surface de la terre (*Hepatica*), ou restent enfouis pour toujours et sont remplacés à la lumière par la première feuille (*Sylvia*).

La germination des Anémones se divise donc en deux catégories; elle est *précoce*, quand elle dure quelques semaines, et *tardive*, quand elle met toute une année à être complète. Sa durée découle de la perfection qu'atteint l'embryon dans une graine adulte; lorsque l'embryon est dicotylédoné, sa germination sera précoce; lorsqu'il est homogène, sa germination sera toujours tardive. Cette distinction a complètement échappé à Irmisch, qui n'a même jamais mentionné la levée tardive des Sylvies et des Hépatiques.

Ce caractère biologique des Anémones, tiré de leur germination précoce ou tardive, est d'une haute importance pour leur classification. Nous avons cru, pour cette raison, qu'il fallait le mettre d'abord en évidence, puis exposer en détail les diverses particularités que présente la germination des Anémones.

I. — Germination précoce : cotylédons épigés, presque sessiles; tigelle allongée.

Les akènes de nos Pulsatilles (*P. pratensis*, *P. patens*, *P. vulgaris*, *P. Halleri*, *P. vernalis*, *P. albana*), fraîchement récoltés, lèvent facilement et d'autant plus vite que la température est plus haute. Après deux, trois ou quatre semaines, la jeune plantule étale ses cotylédons ovoïdes, presque sessiles. Le bourgeon ne tarde pas à se développer et produit, jusqu'à l'arrêt de végétation, des feuilles de plus en plus grandes et divisées (Pl. 12 et 13, fig. 24). La racine principale se ramifie de bonne heure, mais elle surpasse les radicelles en volume et en longueur, et dure aussi longtemps que la nouvelle plante. La floraison commence quelquefois au printemps suivant, mais généralement il faut attendre deux ans pour voir les premières fleurs.

Toutes les vraies Pulsatilles germent de la manière indiquée par Irmisch (1) pour le *P. vulgaris*. Suivant cet éminent observateur, les cotylédons y seraient munis de pétioles « gestielte eiförmige Keimblätter » et de gaines « deutliche aber ganz kurze Scheide ; »

(1) Bot. Zeit. 1856, pag. 6, 7, fig. 40.

pour nous, il n'y a ni gaines, ni pétioles bien accentués.

Les germes du *P. vernalis* et surtout ceux du *P. patens*, présentent quelquefois cette anomalie que l'un des cotylédons est bifurqué, ou même fendu jusqu'à sa base (Pl. 12 et 13, fig. 24 *d*). Dans ce dernier cas, il y a trois cotylédons complets, parfois totalement égaux.

Malgré toute la ressemblance des germes, il n'est pas difficile de reconnaître les espèces de Pulsatilles d'après la forme et la dimension des cotylédons (Pl. 12 et 13, fig. 24 *b, c, h*). Nous indiquerons plus tard comment se comportent à cet égard les germes hybrides.

Les espèces à akène cotonneux, mais dépourvues de rhizome tubéreux, par conséquent celles que nous avons placées dans la section *Anemonanthea*, germent absolument comme les Pulsatilles, bien que leurs plantules soient plus petites et les cotylédons toujours obtus. Nous ne pouvons pas adopter l'opinion d'Irmisch (1), et attribuer aux cotylédons de l'*A. silvestris* une gaine et un pétiole distinct (Pl. 14 et 15, fig. 3). La racine principale se ramifie de bonne heure, mais ne diffère pas beaucoup des radicelles ni par son diamètre, ni par sa longueur; elle subsiste toute la vie de l'individu.

De toute cette section, nous avons étudié la germination des *Anemone silvestris*, *virginiana* et *multifida*. Leurs germes peuvent être facilement reconnus à la couleur ainsi qu'à la forme des cotylédons et de l'entre-nœud hypocotylé (tigelle).

L'*A. rivularis* est la seule espèce ayant les akènes du type *Rivularidium* dont nous ayons pu suivre la germination. Les jeunes plantules sont bien robustes, et leurs cotylédons plus longuement pédicellés que dans les Anémones précédentes; cependant il n'y a pas de limite accentuée entre le pétiole et la lame cotylédonaire (Pl. 14 et 15, fig. 1). La racine principale ne donne naissance qu'à de minces radicelles, tandis qu'elle-même prendra avec le temps le volume d'une longue carotte.

Le type *Anemonidium* a été étudié sur l'*A. pensylvanica*, dont

(1) L. c., pag. 8, fig. 37, 38.

les graines ne germent que dans une petite proportion et sans aucune régularité. Les cotylédons des plantules sont presque ronds et supportés par des pétioles courts mais bien nets. La racine principale se ramifie de bonne heure, ne se distingue pas visiblement des radicelles (Pl. 14 et 15, fig. 2) et engendre les bourgeons adventifs encore la même année.

La plantule du *Knowltonia vesicatoria* se dégage du sol quelques mois après l'ensemencement des drupes et ne présente rien de caractéristique. Ses cotylédons sont elliptiques, presque sessiles et plus grands que dans les Pulsatilles. Le bourgeon ne tarde pas à se développer et produit des feuilles normales.

II. — Germination précoce : cotylédons longuement pétiolés; tigelle courte, souterraine.

Malgré toute la ressemblance que présentent les akènes de l'*A. alpina* avec ceux des vraies Pulsatilles, la germination de leur graine est bien plus lente et s'effectue d'une toute autre manière. Les larges cotylédons sont supportés par un pédicelle commun qui n'est pas plein, mais, comme l'a montré Irmisch (1), tubuleux et provenant de la soudure des deux pétioles cotylédonaires. L'entre-nœud hypocotylé ne s'allonge pas sensiblement et reste enfoui avec la partie basilaire du tube cotylédonaire. Le bourgeon ne trouvant pas assez de place pour se développer dans le tube, le déchire à sa base, émet les jeunes feuilles par la fente et rejette de côté le tube terminé par les cotylédons (Pl. 14 et 15, fig. 8). La première feuille de la plantule est normale; elle est suivie la même année encore par deux ou trois feuilles tantôt complètes, tantôt réduites à l'état d'écailles par l'atrophie de leurs limbes et de leurs pétioles.

La germination de l'*A. narcissiflora* rappelle beaucoup la précédente. Le tube cotylédonaire étant plus large, la première feuille normale s'en dégage par une fente latérale assez longue

(1) L. c., pag. 6, fig 7.

(Pl. 14 et 15, fig. 9). Elle est suivie, la même année, par une ou deux, rarement trois feuilles également complètes.

D'après les observations d'Irmisch (1), les longs pétioles cotylédonaires de l'*A. coronaria* sont soudés jusqu'aux deux tiers de leur longueur et forment un tube qui est ensuite fendu à sa base par le bourgeon, et rejeté de côté. L'entre-nœud hypocotylé, court et souterrain, se renfle peu à peu en un tubercule d'origine exclusivement caulinaire. La racine principale, ainsi que les racines adventives et les radicelles ne durent pas plus d'un an, jusqu'au premier arrêt de la végétation ; elles restent toujours très minces pour cette raison, mais s'épaississent quelquefois au contact du tubercule.

Dans les autres espèces appartenant au type *Oriba*, les longs pétioles cotylédonaires sont entièrement libres, excepté à leur base, où ils sont soudés en tube court comme dans l'*A. palmata* (Pl. 14 et 15, fig. 12), et parfois extrêmement court comme dans les *A. caroliniana* et *hortensis* (Pl. 14 et 15, fig. 10). Le bourgeon en voie de développement n'a pas beaucoup de peine à fendre ce tube dans toute sa longueur. Le tubercule provient toujours de l'entre-nœud hypocotylé et est tantôt arrondi ou ovoïde (*A. hortensis*, *A. caroliniana*), tantôt plus allongé. La racine principale est mince et éphémère dans l'*A. hortensis* et dans l'*A. caroliniana*, épaissie et durable dans l'*A. palmata*. En tout cas, elle ne participe pas à la formation du tubercule.

III. — Germination tardive : cotylédons sessiles, hypogés ; tigelle courte, souterraine.

Les plantules des *A. nemorosa* et *ranunculoides*, sont, d'après Irmisch (2), munies de cotylédons sessiles, souterrains et par conséquent incolores. Leur première feuille normale est suivie d'une série d'écailles terminée par une nouvelle feuille normale qui ne se développera qu'au printemps suivant. L'entre-nœud

(1) L. c., pag. 3, fig. 1-6.
(2) L. c., pag. 17, 18, fig. 26-31.

hypocotylé se renfle de bonne heure et constitue la base du rhizome futur.

Dans toutes les Sylvies, nous avons été à même d'étudier la germination des *A. nemorosa*, *ranunculoides*, *trifolia* et *altaica*; la plantule s'est trouvée si semblable, que probablement toutes les autres se comporteront de la même manière.

Nous avons déjà indiqué dans les remarques générales qui précèdent, que la racine est le seul organe perçant le péricarpe à l'automne qui suit l'époque du semis (Pl. 14 et 15, fig. 5). En serre froide, la première feuille apparaît au-dessus de la terre vers la fin de l'hiver ou au commencement du printemps; les cotylédons se sont, en attendant, dégagés du péricarpe (Pl. 14 et 15, fig. 6, 7). L'entre-nœud hypocotylé se renfle de bonne heure au lieu de s'allonger, et les cotylédons restent souterrains pour toujours. D'abord lisses et plus ou moins charnus, ces cotylédons se rident et se vident en nourrissant la première feuille et l'entre-nœud hypocotylé. La deuxième feuille est quelquefois semblable à la première (Pl. 14 et 15, fig. 7), mais généralement elle ne se développe pas; vient ensuite une série d'écailles couronnant le sommet du jeune rhizome.

La racine principale reste toujours mince; elle ne diffère pas des radicelles, ni des racines adventives, mais paraît avoir une durée assez longue.

Les cotylédons de l'*Anemone trifolia* sont creusés en cuiller et de beaucoup moins épais que ceux des *A. nemorosa* et *ranunculoides*.

IV. — Germination tardive : cotylédons pétiolés, épigés; tigelle allongée.

La germination de l'*Hepatica triloba* a été étudiée et figurée par Irmisch (1), avec sa précision habituelle ; le développement tardif du germe et sa cause lui ont cependant échappé.

La racine perce le péricarpe en automne, tandis que ce n'est

(1) L. c., pag. 9, 10, fig. 56.

qu'au printemps suivant qu'on voit la tigelle s'allonger et les cotylédons rompre le péricarpe puis s'étaler au-dessus du sol. Les cotylédons sont assez grands, larges et insérés sur des pétioles bien distincts. Le bourgeon épigé ne produit pendant cette année que des écailles, dont la première est quelquefois remplacée par une petite feuille réniforme. Une série bien complète de plantules de cette Hépatique a été récoltée par Al. Braun et se trouve dans l'herbier de Berlin.

L'*H. transsilvanica* germe de la même manière que l'*H. triloba*. Les cotylédons qui déchirent le péricarpe au printemps de l'année suivante, sont également pétiolés et un peu échancrés au sommet (Pl. 14 et 15, fig. 14). Le bourgeon épigé ne forme cette année-là que des écailles dont une ou même deux peuvent être remplacées par une petite feuille à limbe réniforme. La racine principale est durable, mais ne diffère des racines adventives et des radicelles ni par sa direction ni par son diamètre. L'année suivante, la plantule produit d'abord quelques feuilles normales et ensuite une série d'écailles ; sa tige peut se ramifier déjà à cette époque (Pl. 14 et 15, fig. 15).

D'après ce que nous venons de dire, le bourgeon qui termine la plantule des Hépatiques se développe au-dessus du sol et devrait par conséquent donner naissance à une tige aérienne, ou du moins à un rhizome rampant à la surface du sol. Si, en réalité, c'est un rhizome souterrain qui en résulte, c'est qu'il reçoit avec le temps une couverture de terreau ou de feuilles sèches, l'Hépatique habitant de préférence les collines boisées.

V. — Germination tardive; organes caulinaires d'origine adventive.

L'*Anemone apennina* ne diffère des Sylvies ni par l'aspect et la structure de ses akènes, ni par sa graine contenant un embryon acotylédoné (1). On pourrait donc supposer qu'elle germe de la même manière, si on ne tenait pas compte de son rhizome

(1) Ed. de Janczewski. *Germination de l'Anemone apennina Lin.* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 28 mai 1888.)

tubéreux qui rattache l'*A. apennina* plutôt aux *Omba* qu'aux *Sylvia.* Ce rhizome supporte sans aucun inconvénient une dessiccation prolongée et produit chaque année de nouvelles racines adventives, dont l'existence est aussi éphémère que dans l'*A. coronaria* par exemple.

L'*A. apennina* donne généralement si peu d'akènes bien formés qu'il est difficile de s'en procurer une quantité notable. Grâce à l'obligeance de M. le professeur Stahl, nous avons pu faire notre premier semis et obtenir une quinzaine de jeunes plantes. Elles étaient si différentes de toutes les autres Anémones que nous avons cru d'abord à la possibilité d'une erreur. De même que celles des Sylvies, les graines n'ont pas levé la première année. En février (le semis hivernait en serre froide), on vit pousser un organe foliaire dont le limbe était enveloppé par le péricarpe (Pl. 14 et 15, fig. 16). Bientôt après, le limbe rejetait son enveloppe et s'épanouissait en feuille verte profondément bilobée (fig. 17). Examinée à cette époque, la plantule n'était composée que d'une racine principale et d'un organe foliaire qui la continuait immédiatement; cet organe était constitué par un pétiole canaliculé et un limbe bilobé. On ne voyait aucune trace d'axe hypocotylé (tigelle), de bourgeon ni de cotylédons normaux.

L'analyse anatomique confirmait pleinement cette interprétation de la jeune plante. La racine était recouverte d'un épiderme brunâtre produisant des poils radicaux; son cylindre central à structure binaire et normale ne présentait aucune trace de tissu générateur (zone cambiale).

Le pétiole foliaire était arrondi dans sa partie inférieure et souterraine; dans sa portion aérienne, il était creusé en une gouttière qui devenait de plus en plus large et profonde en se rapprochant du limbe. Son faisceau libéro-ligneux avait une structure complètement normale, sauf à la partie inférieure où s'effectuait le passage de la feuille à la racine. En ce point, il s'élargissait en éventail, se séparait du parenchyme cortical par une couche d'endoderme, puis, plus bas, il devenait semblable au cylindre central de la racine, parce que son bois, faisant saillie au milieu

de l'arc libérien, le fendait en deux faisceaux libériens indépendants (Pl. 14 et 15, fig. 21). Le microscope ne montrait, par conséquent, aucune trace d'organe caulinaire.

Au mois d'avril, la racine principale, déjà ramifiée, était interrompue par un petit tubercule intercalaire, situé à une certaine distance (2 à 3 centim.) au-dessous de la jonction de la racine avec le pétiole. Il était évident que le tubercule était une portion renflée de la racine (fig. 18). La couleur brune de l'épiderme, la présence des poils radicaux et surtout la position intercalaire du tubercule indiquaient cette origine, que l'analyse anatomique confirmait pleinement. Le tubercule était essentiellement composé de parenchyme gorgé d'amidon; sous une écorce relativement mince (dix couches environ), on voyait une zone génératrice produisant du bois parenchymateux autour des faisceaux primaires, qui continuaient les faisceaux de la racine normale. Dans le bois parenchymateux, outre quelques vaisseaux épars, on distinguait de petits faisceaux vasculaires disposés perpendiculairement à la lame vasculaire axile; à part quelques petits groupes libériens, il y avait deux faisceaux libériens primaires (avec formations secondaires certainement) situés à leur place habituelle.

Ces tubercules étaient munis, chacun, d'un bourgeon de couleur blanche, situé à la face supérieure, c'est-à-dire à côté de la racine reliant le tubercule à la feuille primaire. A la loupe ou à l'œil nu, on distinguait autour du bourgeon une collerette brune indiquant l'origine adventive du bourgeon. Une coupe longitudinale passant par le bourgeon le montrait inséré sur la zone génératrice et déchirant l'écorce en forme de collerette. Dans les tubercules plus forts, le bourgeon avait produit une feuille normale sortant de la terre; cette feuille était pourvue d'un limbe à trois folioles dentelées et ne différait des feuilles adultes de l'*A. apennina* que par ses moindres dimensions (fig. 18, 19).

Vers le milieu du mois de mai, toutes les jeunes plantes sont entrées en repos sans produire d'autres organes. Leurs racines et leurs feuilles primaires ont péri, et il n'en est resté que les

tubercules avec leurs bourgeons, peu apparents en raison de la couleur brune qu'ils ont revêtue à cette époque.

Parmi les plantules de l'*A. apennina* que nous avons examinées avec attention, il s'en est trouvé une qui a présenté deux tubercules séparés par un intervalle de 6 millimètres (fig. 20). L'inférieur était de tout point semblable à ceux que nous venons de décrire; le supérieur, également souterrain et brun à la surface, avait pris naissance à la base du pétiole, à 2 millimètres au-dessus de la racine, dans le petit espace où s'opère la transition du faisceau pétiolaire unique en cylindre central binaire. Le tubercule pétiolaire, essentiellement composé de parenchyme amylifère, était parcouru de deux faisceaux longitudinaux et de faisceaux transversaux; son tissu dérivait presque en entier du faisceau pétiolaire dédoublé, ramifié et hypertrophié. Le parenchyme pétiolaire (écorce) engendrait les couches brunes extérieures et quelques couches sous-jacentes. Aucun bourgeon n'était visible à la surface de ce tubercule; mais, en pratiquant des coupes transversales successsives, on en rencontra deux tout à fait internes et par conséquent adventifs comme ceux des tubercules d'origne radicale.

L'année suivante, les jeunes tubercules issus de ce semis n'ont donné que des feuilles normales, entièrement semblables à ceux de l'*A. apennina*. Quelques-uns ont fleuri dès l'année suivante.

La floraison de ces plantes issues des graines se répète régulièrement chaque année et fournit de nombreux akènes; nous avons déjà mentionné que les plantes multipliées par leurs rhizomes et généralement cultivées, sont, au contraire, peu fécondes.

Les plantules de l'*A. apennina* présentent donc, comme nous venons de le démontrer, une anomalie fort remarquable; elles sont dépourvues d'axe primaire, et leur feuille primaire continue immédiatement la racine principale. L'axe secondaire est un organe adventif, engendré dans une portion de la racine renflée en tubercule. Le premier organe foliaire de l'*A. apennina* doit-il être envisagé comme cotylédon ou comme première feuille, c'est une question que nous ne savons pas résoudre. Il

est vrai qu'aucune Anémone ne possède de cotylédons bilobés; la bipartition de la lame indiquerait plutôt la soudure de deux cotylédons en un seul, mais la présence d'un seul faisceau dans le pétiole semble être un obstacle pour adopter complètement cette manière de voir (1).

VI. — Germination des graines hybrides.

Le pollen étranger n'influe, dans aucune Anémone, ni sur la forme ni sur la structure de l'akène, tandis que la jeune plante, issue du croisement de deux espèces distinctes, hérite des caractères des deux parents et manifeste son origine par sa forme intermédiaire en général. A quel moment de la vie peut-on déjà constater le caractère hybride de la plante? Telle est la question que nous nous sommes posée en voyant que l'espèce d'Anémone se laisse reconnaître à la forme des cotylédons de la plantule.

Nous ne connaissons aucune observation concernant ce sujet, sauf celle de R. Caspary (2), qui a trouvé que les cotylédons et les trois premières feuilles des hybrides des *Nymphæa dentata* et *rubra* ressemblent davantage à ceux de la mère que du père. Il serait cependant dangereux de généraliser cette observation, car dans ces hybrides la plante mère exerçait aussi une influence prédominante sur le périanthe.

Dans nos expériences, nous avons toujours eu soin de semer les graines hybrides et celles des parents, le même jour et exactement dans les mêmes conditions. Les graines hybrides. issues des croisements les mieux réussis, n'étaient jamais en retard et devançaient quelquefois la germination de leurs parents. Le résultat était toujours le même et également décisif.

(1) M. F. Hildebrand vient de décrire la germination de l'*A. blanda* (*Einige Beobachtungen an Keimlingen und Stiecklingen*. Botanische Zeitung. 1892, pag. 10), que nous considérons comme une forme de l'*A. apennina*. Il lui a semblé que cette germination s'opère de la même manière que celle de l'*Eranthis hiemalis*. S'il avait connu notre publication antérieure, il aurait certainement adopté notre opinion et confirmé nos résultats ; les observations que nous venons de faire ce printemps ne nous permettent pas de changer quoi que ce soit à notre rédaction, qui date de l'année 1888.

(2) Focke. *Pflanzenmischlinge*, pag. 276, 471.

Les cotylédons de l'hybride ne trahissaient jamais une origine hybride et ressemblaient absolument à ceux de la plante mère (Pl. 12 et 13, fig. 24, *c*, *f*, *g*). La première feuille subissait déjà l'influence du père ; celle-ci devenait de plus en plus manifeste dans les feuilles suivantes, plus compliquées et caractéristiques. Il est donc certain que dans les Anémones, l'influence de l'espèce paternelle ne se fait sentir que dans la première feuille et que les cotylédons en sont complètement exclus.

Les hybrides qui nous ont donné ce résultat sont les suivants : *Pulsatilla pratensis* × *vernalis*, *P. pratensis* × *patens*, *Anemonanthea virginica* × *silvestris*, *A. silvestris* × *multifida*, *A. multifida* × *silvestris*, *Oriba hortensis* × *coronaria*.

Si nous prenons en considération le fait que la forme des organes foliaires dépend d'un côté de l'espèce et de l'autre des conditions extérieures, il ne sera pas difficile d'expliquer le résultat des observations exposées tout à l'heure. Les cotylédons, n'étant que des organes foliaires, sont obligés de subir l'influence des conditions extérieures, et pour l'embryon hybride ces conditions se réduisent à l'endosperme qui l'entoure, le nourrit et appartient en propre à la plante mère. Les cotylédons restent donc semblables à ceux de l'espèce maternelle. Les organes foliaires suivants sont soustraits à cette influence en se développant librement à la lumière ; rien ne les empêche plus de manifester l'origine hybride de la plantule et de prendre la forme intermédiaire entre les deux parents.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Les figures dont nous ne donnons pas le grossissement sont dessinées en grandeur naturelle.

Planches 10 et 11.

Fig. 1. Akènes des *Pulsatilla : a*, *P. vernalis ; b*, *P. pratensis* fécondé par le pollen du *P. vernalis ; c*, *P. pratensis ; d*, *P. vulgaris*.

Fig. 2. *P. vulgaris*. Coupe transversale de l'akène : *ep*, épiderme ; *sc*, sclérenchyme ; *end*, endosperme. Grossissement 10 diamètres.

Fig. 3. *P. pratensis*. Coupe transversale de l'aigrette. Gr. 70.

Fig. 4. *P. pratensis*. Partie inférieure d'un poil de l'aigrette ; coupe longitudinale optique. Gr. 260.

Fig. 5. *P. vulgaris*. Coupe transversale du péricarpe. Gr. 210.
Fig. 6. *Anemone coronaria*. Akène entier. Gr. 10.
Fig. 7. *A. coronaria*. Coupe transversale de l'akène. Gr. 20.
Fig. 8. *Anemome silvestris*. Coupe transversale de l'akène. Gr. 20.
Fig. 9. *A. silvestris*. Akène pédicellé. Gr. 6.
Fig. 10. *Anemone multifida magellanica*. Akène. Gr. 6.
Fig. 11. *Anemone silvestris*. Coupe transversale du péricarpe. Gr. 260.
Fig. 12. *Anemome glaucifolia*. Akène. Gr. 6.
Fig. 13. *Anemome trullifolia* (= *celestina* Franch.). Akène. Gr. 6.
Fig. 14. *Anemone obtusiloba*. Akène. Gr. 6.
Fig. 15. *A. obtusiloba*. Coupe transversale de l'akène. *r* = raphé. Gr. 8.
Fig. 16. *Anemone integrifolia*. Carpelle fécondé. Gr. 12.
Fig. 17. *Anemone capensis*. Jeune akène. Gr. 5.
Fig. 18. *Barneoudia major*. Akène. Gr. 6.
Fig. 19. *Anemone rivularis*. Akène. Gr. 4.
Fig. 20. *A. rivularis*. Coupe transversale de l'akène. Gr. 10.
Fig. 21. *A. rivularis*. Coupe transversale du péricarpe. Gr. 210.
Fig. 22. *Anemone antucensis*. Jeune akène. Gr. 6.
Fig. 23. *Anemone rigida*. Akène presque mûr. Gr. 6.
Fig. 24. *Anemone narcissiflora*. Akène. Gr. 4.
Fig. 25. *A. narcissiflora*. Coupe transversale de l'akène. Gr. 10.

Planches 12 et 13.

Fig. 1. *Anemone narcissiflora*. Coupe transversale du péricarpe. Gr. 210. (Figure renversée par le lithographe.)
Fig. 2. *A. narcissiflora*. Embryon. Gr. 20.
Fig. 3. *Anemone pensylvanica*. Akène. Gr. 6.
Fig. 4. *A. pensylvanica*. Coupe transversale de l'akène : *sc*, sclérenchyme ; *end*, endosperme ; *spd*, testa ; *aër*, tissu aérifère. Gr. 15.
Fig. 5. *A. pensylvanica*. Tissu aérifère de l'aile. Gr. 260.
Fig. 6. *Anemone dichotoma*. Akène à l'état sec. Gr. 6.
Fig. 7. *A. dichotoma*. Coupe transversale de l'akène : *sc*, sclérenchyme ; *aër*, tissu aérifère. Gr. 9.
Fig. 8. *Anemone nemorosa*. Akène. Gr. 6.
Fig. 9. *A. nemorosa*. Embryon en coupe optique. Gr. 210.
Fig. 10. *Anemone apennina*. Akène. Gr. 6.
Fig. 11. *Anemone ranunculoides*. Akène. Gr. 6.
Fig. 12. *A. ranunculoides*. Coupe transversale du péricarpe. Gr. 210.
Fig. 13. *A. ranunculoides*. Embryon en coupe optique. Gr. 210.
Fig. 14. *Anemone trifolia*. Contours de deux embryons. Gr. 50.
Fig. 15. *Hepatica triloba*. Akène desséché et ensuite gonflé dans l'eau. Gr. 6.
Fig. 16. *H. triloba*. Coupe transversale de l'akène. Gr. 10.
Fig. 17. *H. triloba*. Coupe transversale du péricarpe. Gr. 180.
Fig. 18. *H. triloba*. Embryon en coupe optique. Gr. 210.
Fig. 19. *H. triloba*. Coupe transversale du style de l'akène Gr. 85.

Fig. 20. *H. triloba.* Coupe longitudinale de l'akène : *ep.ap.*, épiderme constituant la partie essentielle de l'apophyse ; *sc*, sclérenchyme constituant l'endocarpe ; *f.l.l.d.*, faisceau dorsal du péricarpe ; *f.l.l.v.*, son faisceau ventral ; *fu*, funicule ; *r*, raphé ; *end*, endosperme ; *em*, embryon ; *c*, cavité creusée dans l'endosperme autour de l'embryon. Gr. 20.

Fig. 21. *Hepatica Falconeri.* Coupe longitudinale de l'akène non mûr. Gr. 10.

Fig. 22. *Hepatica transsilvanica.* Akène desséché, ensuite ramolli dans l'eau. Gr. 6.

Fig. 23. *H. transsilvanica.* Embryon vu extérieurement. Gr. 130.

Fig. 24. Germination des *Pulsatilla : a,c,f,g*, plantules vues en profil ; *b,d,e,h*, plantules vues d'en haut ; *a,b. P. vernalis ; c,d,e. P. patens ; f. P. pratensis* × *patens ; g,h. P. pratensis.*

Planches 14 et 15.

Fig. 1. *Anemone rivularis.* Plantule âgée de deux mois à peu près.

Fig. 2. *Anemone pensylvanica.* Plantule âgée de six mois à peu près, avec ses cotylédons. Réduite à deux tiers de sa grandeur.

Fig. 3. *Anemone virginica* × *silvestris.* Plantule hybride.

Fig. 4. *Anemone ranunculoides.* Plantule retirée de terre pendant l'hiver.

Fig. 5. *Anemone nemorosa.* Plantule retirée de terre au commencement de l'hiver.

Fig. 6. *A. nemorosa.* Plantule examinée au printemps de la deuxième année. La tigelle est renflée en rhizome ; elle est munie de la racine principale, de deux cotylédons, d'une feuille aérienne et d'un bourgeon terminal.

Fig. 7. *Anemone trifolia.* Plantule examinée au printemps de la deuxième année ; elle a développé deux feuilles normales. Les cotylédons sont creusés en cuiller.

Fig. 8. *Pulsatilla alpina.* Plantule âgée de trois mois à peu près. Le bourgeon a percé le tube cotylédonaire à sa base et l'a poussé de côté ; il forme déjà la deuxième feuille normale.

Fig. 9. *Anemone narcissiflora.* Plantule âgée de deux à trois mois. La première feuille a fendu le tube cotylédonaire dans sa partie médiane et sort par la fente.

Fig. 10. *Anemone hortensis* (*stellata*). Plantule âgée de quelques semaines, commençant à former sa première feuille.

Fig. 11. *A. hortensis* (*stellata*). Plantule de deux à trois mois, plus âgée que la précédente. L'entre-nœud hypocotylé est renflé en tubercule, mais encore muni de deux cotylédons.

Fig. 12. *Anemone palmata.* Plantule âgée de quatre ou cinq mois. La première feuille a fendu d'un côté le court tube cotylédonaire. L'entre-nœud hypocotylé et sa racine principale ont déjà grandi en diamètre.

Fig. 13. *A. palmata.* Plantule examinée pendant l'été de l'année suivante. La limite du tubercule proprement dit (entre-nœud hypocotylé) et de la racine principale épaissie, est bien distincte.

Fig. 14. *Hepatica transsilvanica.* Plantule examinée pendant l'été de la

deuxième année, et ne possédant d'autres organes foliaires que les écailles du bourgeon et les cotylédons.

Fig. 15. *H. transsilvanica.* Plantule dans sa troisième année. Son axe se divise déjà. Elle a encore conservé la petite feuille normale, qu'elle avait formée l'année précédente au lieu d'une écaille.

Fig. 16. *Anemone apennina.* Plantule dont l'organe foliaire, encore emprisonné dans le péricarpe, s'est montré déjà à la lumière et coloré en vert. Semis hivernant en serre froide. Février de l'année suivante.

Fig. 17. *A. apennina.* Autre plantule prise à la même époque. Le limbe de l'organe foliaire, débarrassé du péricarpe, a déjà acquis une certaine dimension.

Fig. 18. *A. apennina.* Plantule de la même culture, examinée vers la fin d'avril. Sa racine ramifiée est renflée en tubercule à une certaine profondeur. Le bourgeon adventif du tubercule donne naissance à une feuille normale perçant le sol.

Fig. 19. *A. apennina.* Plantule semblable ayant entièrement développé une feuille normale. Mai.

Fig. 20. *A. apennina.* Plantule au mois de mai, ayant formé deux tubercules : l'un normal sur la racine, l'autre supplémentaire, sur la transition de la racine en pétiole foliaire. Les bourgeons adventifs de ces deux tubercules n'ont pas produit de feuilles cette année-là.

Fig. 21. *A. apennina.* Coupe transversale de la racine d'une plantule, prise tout près de la base du pétiole. Sa structure est déjà un peu transitoire, car la lame vasculaire *v*, a perdu sa symétrie et va passer à droite, tandis que les deux faisceaux libériens *l* se réuniront ensuite du côté gauche de la figure. Grossissement 330 diamètres.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

Par M. Henri JUMELLE *(Fin).*

---

2. — INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES SUR L'ASSIMILATION.

Il n'est pas douteux que l'assimilation, aux basses températures, persiste au moins aussi longtemps que la respiration. Bien, en effet, que nous n'ayons encore actuellement que des notions assez incomplètes sur les relations qui existent entre la température et la rapidité de décomposition d'acide carbonique, nous savons pourtant, d'une manière générale, par quelques observations antérieures, que l'énergie de la fonction chlorophyllienne ne dépend certainement pas autant que la respiration, du degré plus ou moins intense de chaleur. A lumière constante, la fixation de carbone dans la plante est d'autant plus grande que la température est moins élevée ; ce qui ne s'explique que parce qu'à mesure que la chaleur diminue l'assimilation s'affaiblit moins rapidement que la respiration.

Une des principales causes qui produisent le ralentissement, puis enfin la suspension complète du phénomène respiratoire au-dessous de 0°, à savoir l'abaissement même de température, n'a plus ainsi sur l'assimilation qu'une action qui paraît tout au plus secondaire. Comme, d'autre part, aucune cause nouvelle n'est à prévoir, qui entraverait la décomposition d'acide carbonique sans agir sur l'absorption d'oxygène, la limite à laquelle doit s'arrêter cette fonction assimilatrice ne peut être que située au-dessous de celle que nous avons constatée pour la

respiration. Cette remarque nous amène à porter immédiatement nos recherches sur des températures inférieures à — 10°, sans nous attarder à l'étude des froids d'intensité moindre.

Dans les expériences décrites plus haut, nous avions obtenu ces basses températures en plaçant les éprouvettes renfermant les Lichens imbibés d'eau dans des mélanges de neige et de sel marin. Mais, ces mélanges interceptant les rayons lumineux, il devient impossible d'employer la même méthode pour l'assimilation. Pour cette raison, et aussi dans le but de réaliser en même temps des froids encore plus intenses que les précédents, nous avons eu recours à deux autres appareils, dans lesquels les Lichens humides peuvent à la fois être soumis aux plus basses températures et rester exposés à la lumière.

Le premier de ces appareils est bien connu ; c'est celui dont se servaient MM. Drion et Loir pour congeler le mercure. Le second, de construction toute récente, est le Cryogène de M. Cailletet. L'un et l'autre ont été disposés, pour le but spécial que nous poursuivions, de façon à permettre, à tout moment, l'analyse de l'atmosphère entourant la plante.

Expériences faites avec l'appareil Drion et Loir (planche 5). — Dans l'appareil de MM. Drion et Loir, le froid est, comme on sait, obtenu par l'évaporation de l'acide sulfureux liquide.

Cet acide sulfureux est contenu dans une éprouvette T_1 fixée, au centre d'un bouchon, dans un grand flacon V dont l'air est desséché par le chlorure de calcium CaCl. Deux tubes, s et s_1, passent dans l'éprouvette T_1 ; l'un, s, plonge dans l'acide, l'autre, s_1, s'arrête au-dessus.

Si l'on met alors le tube s_1 en communication avec l'aspirateur A, l'air de l'éprouvette T_1 est entraîné, et l'air extérieur est appelé par le tube s pour rétablir la pression normale. Mais cet air, devant traverser l'acide sulfureux dans lequel plonge le tube s, active l'évaporation du liquide.

Sous l'influence de cette évaporation, la température s'abaisse rapidement jusqu'à — 40° ; et en plaçant au milieu de l'acide sulfureux, comme le faisaient MM. Drion et Loir, une petite

éprouvette à verre mince, contenant du mercure, on obtient la congélation de ce métal.

Nos expériences consistent à remplacer dans l'éprouvette T_2 le mercure par une plante humide. Pour observer les échanges gazeux de cette plante dans de telles conditions, voici comment on opère.

L'éprouvette T_2 hermétiquement close, et dont un thermomètre *th* permet de déterminer la température interne, est mise en communication par le tube en verre s_2 avec un appareil à prises P. Au début de l'expérience, quand la température a atteint le degré voulu, on ouvre le robinet *r* de ce tube s_2, et on introduit, au moyen de l'appareil à prises, une certaine quantité d'acide carbonique en T_2. En recueillant en E une petite partie de l'air de l'éprouvette, et en l'analysant, on connaît sa composition à ce moment.

Le robinet *r* étant alors fermé, la plante est laissée en expérience pendant un temps déterminé. Au bout de ce temps, on fait une nouvelle prise et une nouvelle analyse; on constate ainsi s'il s'est produit des changements dans l'atmosphère entourant la plante.

Nos recherches au moyen de cet appareil Drion et Loir modifié ont été faites avec deux Lichens, l'*Evernia prunastri* et le *Cladonia rangiferina*, et avec une Conifère, le *Picea excelsa*.

Evernia prunastri. — Dans une première expérience, l'*Evernia prunastri* imbibé d'eau a été exposé au soleil, pendant trois heures, dans l'éprouvette T_2, dont le thermomètre a constamment marqué — 30°.

Après ces trois heures, la plante retirée de l'éprouvette a la dureté d'un bloc de glace. Cependant l'atmosphère qui l'entoure contient en plus 0,98 p. 100 d'oxygène, et, en moins, 0,60 p. 100 d'acide carbonique.

Dans une seconde expérience, un autre exemplaire d'*Evernia* a été laissé cinq heures à la lumière diffuse, encore par une température moyenne de — 30°.

Pendant ces cinq heures, il a disparu de l'éprouvette 0,50, p. 100 d'acide carbonique, et il y a, en plus, finalement 0,60 p. 100 d'oxygène.

Dans les deux cas, malgré un froid de — 30°, la plante a donc continué à décomposer l'acide carbonique de l'air.

Cladonia rangiferina. — Douze grammes de ce Lichen frais ont été placés dans 100 centimètres cubes d'air et exposés au soleil dans l'éprouvette, dont la température était de — 30°.

Ici, en trois heures nous n'avons pu observer aucun changement dans la composition de l'atmosphère, et une seconde expérience qui a duré cinq heures a donné le même résultat.

Picea excelsa. — Des rameaux d'Epicea sont restés six heures dans l'appareil à une lumière diffuse, avec intermittences de soleil ; la température moyenne a été de — 35°.

Dans ces conditions, les feuilles, qui d'ailleurs ont résisté, ont décomposé 1,90 p. 100 d'acide carbonique et rejeté 0,95 p. 100 d'oxygène.

Ainsi, de ces trois séries d'expériences, faites sur trois espèces de plantes différentes, deux aboutissent à cette conclusion qu'un froid de 30 et de 35 degrés au-dessous de 0 peut, au moins chez certains végétaux, ne pas supprimer complètement l'assimilation. Ce serait le cas pour l'Epicea et l'*Evernia prunastri.*

Avant d'interpréter l'exception que présente le *Cladonia rangiferina*, il importe de confirmer et contrôler ces premiers résultats par un procédé différent. C'est dans ce but que, concurremment avec l'appareil Drion et Loir, nous avons employé le Cryogène Cailletet.

Expériences faites avec le Cryogène Cailletet (planche 5). — Dans le Cryogène imaginé par M. Cailletet, le froid est obtenu par l'évaporation de l'acide carbonique liquide.

L'appareil se compose essentiellement d'un vase en cuivre nickelé, à double paroi, à l'intérieur duquel court un serpentin communiquant par son extrémité inférieure avec la chambre formée par la double enveloppe. La figure 2, qui représente en coupe la caisse placée à gauche dans la figure 1, en montre la disposition générale. A est la cavité comprise entre la double paroi du vase, qu'une enveloppe de drap, D, protège contre le rayonnement.

Quand on veut opérer, on remplit d'alcool l'intérieur de ce vase, et on met le serpentin, comme l'indique la figure 2, en communication avec le cylindre incliné, qui contient de l'acide carbonique liquide. Aussitôt qu'on tourne la roue R de ce cylindre, l'acide s'échappe, passe dans le serpentin, puis dans la cavité formée par la double paroi et sort par le tube S qui fait communiquer cette cavité avec l'extérieur.

La détente de l'acide carbonique liquide ayant, comme on sait, pour résultat de produire un froid intense, l'alcool qui se trouve en contact avec le serpentin est alors lui-même refroidi, et M. Cailletet a constaté que la température de cet alcool peut ainsi s'abaisser jusqu'à — 70°. Grâce aux enveloppes protectrices qui entourent l'appareil, cette température ne s'élève ensuite que très lentement, de sorte qu'il suffit d'injecter de temps en temps, en tournant la clef C, une petite quantité d'acide carbonique liquide, pour la maintenir indéfiniment à un degré relativement constant et très bas.

Cela, du moins, est vrai pour les expériences ordinaires de congélation, dans lesquelles la caisse peut être hermétiquement fermée par un couvercle en bois garni de drap, percé seulement de deux ou trois ouvertures pour le passage du thermomètre, du tube S et de la clef C. Mais nos recherches devant être faites à la lumière, il nous a fallu remplacer le couvercle en bois par une plaque de verre. De plus, pour produire à l'intérieur du vase l'éclairement nécessaire à l'assimilation, nous avons placé sur la caisse un miroir M reflétant les rayons solaires sur le flacon F.

On comprend que, dans ces conditions, il devient bien moins aisé de conserver de très basses températures. Nous avons cependant réussi à obtenir, d'une façon à peu près constante, en produisant de fréquentes détentes, des froids de — 40° environ.

Pour observer les échanges gazeux qui s'effectuent entre la plante humide et l'atmosphère du flacon F, nous avons adopté, avec le Cryogène, une disposition assez semblable à celle que nous avons déjà décrite pour l'appareil de MM. Drion et Loir.

Un tube en verre T, qui passe au dehors par une ouverture

pratiquée dans le fond de la caisse et du vase métallique, établit à volonté, au moyen du robinet *r*, une communication entre le flacon F et un appareil à prises. Toujours suivant le même procédé, nous introduisons, à l'aide de cet appareil, de l'acide carbonique en F, et nous recueillons pour l'analyse, avant et après l'expérience, une petite quantité de l'air du flacon.

La température à laquelle se trouve soumise la plante est indiquée par un thermomètre (non représenté sur la figure) qui pénètre dans ce flacon à travers une seconde ouverture, percée à la partie supérieure.

Nos recherches ont d'abord porté sur l'*Evernia prunastri*.

Nous donnerons, sous forme de tableau, les variations de la température pendant la durée de chaque expérience.

Evernia prunastri. — Pendant le temps que des *Evernia prunastri* imbibés d'eau sont restés dans le flacon F, la température de l'air de ce flacon a subi successivement les variations suivantes :

HEURE de chaque OBSERVATION.	TEMPÉRATURE DANS L'APPAREIL.	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	INTENSITÉ de LA LUMIÈRE.
8h 15	0°	+ 13°	Lumière diffuse.
8 35	— 8		id.
8 50	— 14		id.
9 5	— 18		Soleil.
9 15	— 20		id.
9 50	— 20		id.
10 15	— 24	+ 12	id.
10 50	— 30		id.
11 20	— 35		id.
11 30	— 37	+ 14	Lumière diffuse.
12 30	— 32		Soleil.
1 30	— 25	+ 15 5	id.
2 45	— 20		id.
3 5	— 22	+ 16	id.
4 15	— 20	+ 16	Lumière diffuse.
5 30	— 13	+ 15	id.

La prise initiale d'air dans le flacon a été faite à 8 heures 50, alors que le thermomètre marquait — 14°. Une seconde prise a été faite à 12 heures 30, par une température de — 32°.

On voit que, que cet intervalle de temps (4 heures environ), la température qui s'est abaissée, en un quart d'heure, jusqu'à — 20° est restée en somme entre — 20° et — 32°, en passant par un maximum de — 37°.

Or, la composition de l'atmosphère du flacon a été ainsi modifiée : il a disparu 0,68 p. 100 d'acide carbonique et il y a en plus 0,75 p. 100 d'oxygène.

Une troisième prise et une troisième analyse ont été faites ensuite à 4 heures 15.

La température qui était, peu auparavant, de — 37°, est restée entre — 30° et — 20°.

Pendant ces quatre autres heures, la plante a décomposé 0,67 p. 100 d'acide carbonique et dégagé 0,80 p. 100 d'oxygène. Ces quantités sont sensiblement les mêmes que celles absorbées ou dégagées pendant le même temps par la plante, dans les quatre heures précédentes.

La réalité de l'assimilation dans ces deux séries de recherches n'est pas douteuse.

Physcia ciliaris. — Pendant le cours d'une autre expérience, faite avec le *Physcia ciliaris*, les températures observées ont été les suivantes :

HEURE de chaque OBSERVATION.	TEMPÉRATURE DANS L'APPAREIL.	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	INTENSITÉ de LA LUMIÈRE.
8h15	+ 12°	+ 12°	Lumière diffuse.
8 30	— 10	+ 13	id.
8 50	— 23 5		id.
9	— 30		id.
9 15	— 34		id.
9 25	— 38		id.
9 35	— 41		Soleil.
10 15	— 39	+ 14	id.
10 40	— 35		id.
10 50	— 38		id.
11	— 39	+ 15	id.
11 30	— 33 5		id.
12	— 29		Lumière diffuse.
12 45	— 30		id.
1 15	— 26 5	+ 16	Soleil.
1 30	— 25		id.
2	— 21	+ 17	id.
3 30	— 18		Lumière diffuse.
4 15	— 16	+ 17	Soleil.
4 35	— 14		id.
5 20	— 11		Lumière diffuse.
6	— 8	+ 16	id.

La prise initiale de gaz a été faite à 8 heures 50, à une température de — 23°,5, et la seconde à 1 heure et demie, à une température de — 25°.

Nous n'avons pu ici constater aucune modification dans la composition de l'atmosphère du flacon.

Une troisième prise a alors été faite à 5 heures 20, la température étant de — 11°. Mais la composition de l'air était ici encore identique à celle que nous avons observée au début de l'expérience.

Le *Physcia ciliaris* ne paraît donc pas avoir assimilé à ces mêmes températures auxquelles nous avons constaté une décomposition d'acide carbonique par l'*Evernia prunastri*.

Juniperus communis. — En dehors des Lichens, nous avons voulu répéter des expériences analogues sur les Conifères. Pour varier, et comme nous avons déjà eu l'occasion d'opérer sur l'Epicea, nous avons choisi ici une autre plante de la même famille, également résistante, le *Juniperus communis*.

Des rameaux de Genévrier ont été mis, comme les Lichens, dans le flacon F. La température, pendant la durée de l'expérience, a varié ainsi que l'indique le tableau ci-dessous :

HEURE de chaque OBSERVATION.	TEMPÉRATURE DANS L'APPAREIL.	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	INTENSITÉ de LA LUMIÈRE.
8h	+ 9°		Lumière diffuse.
8 12	— 1		id.
8 30	— 15	+ 20°	id.
8 35	— 17 (1)		id.
9	— 18		id.
9 10	— 17		id.
9 20	— 23	+ 21	id.
9 25	— 27		id.
9 30	— 28		id.
9 45	— 32		id.
10 5	— 35	+ 22	id.
10 15	— 37		id.
10 25	— 39		id.
10 35	— 42		Soleil.
10 50	— 41		Lumière diffuse.
11 10	— 40		id.
12	— 33	+ 23	id.
12 30	— 34 5		Soleil.
12 45	— 37		id.
1	— 37		Lumière diffuse.
1 50	— 33		id.
2 15	— 34		id.
2 40	— 32		id.
2 55	— 32		Soleil.
3 10	— 33 5		Lumière diffuse.
3 25	— 32	+ 22	id.
3 35	— 30		id.
4 30	— 25		id.
5 00	— 22		id.
6 15	— 20	+ 20	id.

(1) La température de l'alcool dans lequel plonge le flacon est à ce moment de — 21°.

La première prise de gaz a été faite à 8 heures 35 et la seconde à midi. Les branches de Genévrier sont restées pendant ce temps (3 heures et demie environ) à une lumière presque continuellement diffuse, à une température qui s'est abaissée peu à peu de — 17° à — 40°, puis est remontée, dans la dernière demi-heure, jusqu'à — 33°.

Or, elles ont décomposé 0,75 p. 100 d'acide carbonique, et 1,05 p. 100 d'oxygène.

Une troisième prise et une troisième analyse ont été faites à 3 heures 35. Pendant ces 3 heures et demie, la température est restée, en moyenne, de 35°. Les feuilles ont décomposé 0,60 p. 100 d'acide carbonique et exhalé 0,80 p. 100 d'oxygène.

Enfin, de 3 heures 35 à 6 heures 15, 0,40 p. 100 d'acide carbonique ont encore disparu du flacon, remplacés par 0,50 p. 100 environ d'oxygène.

Il y a eu, par suite, de 9 heures à 6 heures, assimilation continue du carbone de l'air par les feuilles de Genévrier.

3. — CONCLUSIONS.

Ainsi, l'*Evernia prunastri* et des rameaux d'Epicea et de Genévrier soumis, soit dans l'appareil Drion et Loir, soit dans le Cryogène Cailletet, à des froids de 30 et 40 degrés au-dessous de 0, ont encore, en présence de ces basses températures, décomposé, à la lumière, l'acide carbonique de l'air. Les analyses faites plus haut à plusieurs reprises ne laissent à cet égard aucun doute.

Nous n'avons pu, il est vrai, observer fait semblable avec deux autres Lichens : le *Physcia ciliaris* et le *Cladonia rangiferina*. Jamais ces deux plantes exposées aux mêmes températures que les précédentes n'ont apporté la moindre modification sensible dans l'atmosphère qui les entourait, mais ce sont là des différences spécifiques dont il nous semble qu'il n'y a pas lieu de s'étonner. Nous devons, en effet, faire une seconde fois remarquer que l'*Evernia prunastri* a, dans les conditions normales, des échanges gazeux plus intenses que le *Physcia ciliaris* et le *Cladonia rangiferina*. Or l'assimilation, tout en persistant aux froids les plus vifs, est cependant de plus en plus affaiblie par différentes causes, dont la principale est vraisemblablement la congélation des tissus. On conçoit que le phénomène peut ainsi, sous l'influence de ces différentes causes retardatrices, ne rester appréciable, en un laps de temps déterminé, que chez

les plantes où, normalement, grâce à l'abondance des cellules vertes, il se manifeste à un haut degré. Beaucoup de Lichens hétéromères, renfermant peu de gonidies relativement à leur masse générale, rentreraient, pour cette raison, bien plutôt dans le cas du *Cladonia* ou du *Physcia* que dans celui de l'*Evernia*. Il est probable, au contraire, que la plupart des Conifères et, parmi les Cryptogames, le plus grand nombre des Fougères et des Mousses se comportent comme l'Épicea et le Genévrier.

Quant à l'explication de cette persistance de la fonction assimilatrice chez ces dernières plantes jusqu'à — 30 et — 40 degrés, elle semble au premier abord d'autant plus difficile, que la décomposition de l'acide carbonique, comme toutes les autres fonctions, exige, ainsi que nous le savons, la présence dans les tissus d'une certaine quantité d'eau libre. Toute l'eau de la plante ne se trouverait donc pas encore toujours congelée à — 40°.

Sur ce point, il est à rappeler que, dans le phénomène de la congélation des tissus, deux faits sont à considérer : 1° l'eau est, dans la cellule, à l'état de solution ; 2° elle est en même temps, par capillarité, retenue à l'état d'eau d'imbibition dans les pores intermoléculaires de la membrane et du protoplasme. Chacune de ces circonstances tend à abaisser le point de congélation, et c'est pourquoi la glace ne se forme que rarement, dans la plante, à 0°, mais bien plus souvent à une température inférieure.

Sous ces deux influences réunies, il n'est pas impossible qu'il reste dans la cellule, jusqu'à des températures très basses, au moins une petite quantité d'eau libre. La meilleure preuve qu'en réalité on en puisse donner est la continuation assez générale de la respiration jusqu'à — 10°. Cela montre bien que même à l'obscurité, la congélation complète ne se produirait d'ordinaire, au plus tôt, qu'aux environs de ce degré. Il suffira, alors, qu'à la lumière, une nouvelle cause intervienne qui ajoute encore son action aux précédentes, pour que l'assimilation aux températures les plus inférieures, n'ait plus lieu de nous surprendre.

Or, c'est un fait connu que les rayons solaires, quand ils pénètrent à l'intérieur d'un morceau de glace sur une bulle d'air ou sur des corps solides, échauffent et liquéfient la glace environnante. Que pareil phénomène, comme cela n'est pas douteux, ait lieu dans les tissus congélés exposés au soleil, nous avons là le troisième facteur dont l'action s'ajoutant à celle des précédents retardera, à la lumière, jusqu'à des températures excessivement basses, la congélation complète de la plante.

Toutes ces explications, sans doute, ne sont, pour le moment, que des hypothèses; et en dehors des trois causes que nous venons de citer peut-être en existe-t-il d'autres, d'influence égale, sinon prédominante. Quelles qu'elles soient, et quelles que soient aussi les raisons des différences spécifiques observées, un point nouveau de physiologie végétale n'en reste pas moins nettement établi par les expériences et les analyses répétées faites sur certaines espèces :

Tandis que la respiration s'affaiblit très rapidement à *mesure que la chaleur diminue, la fonction assimilatrice, bien plus indépendante de la température, se manifeste encore aux froids les plus intenses.*

*C'est ainsi que des Conifères telles que l'Epicea et le Genévrier, des Lichens tels que l'*Evernia prunastri, *exposés humides* à *des températures inférieures à* 0°, *ont continué* à *assimiler*, à *la lumière, le carbone de l'air, dans une atmosphère où la température s'est abaissée jusqu'*à — 40° ; *chez ces mêmes plantes, au contraire, la respiration a toujours complètement disparu,* à *l'obscurité*, à *partir de* — 10° *environ.*

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Sans reproduire, dans tous leurs détails, des conclusions que nous avons déjà eu l'occasion d'énoncer à la suite de chaque série de nos recherches, nous pouvons, en terminant, jeter rapidement une vue d'ensemble sur les principaux résultats successivement acquis au cours de ce travail :

I. — Contrairement à ce qu'on tendait à admettre, les Lichens sont, au point de vue de la formation des substances hydrocarbonées, indépendants du substratum sur lequel ils se développent : ils peuvent n'emprunter à ce substratum que l'azote et la faible quantité de substances minérales dont ils ont besoin, et ils sont, d'autre part, capables de puiser dans l'air, par l'intermédiaire de l'Algue, le carbone nécessaire à leur végétation.

En effet, même chez les Lichens hétéromères, où cependant la masse du Champignon prédomine sur l'ensemble des Algues, la résultante des échanges gazeux avec le milieu se traduit, à la lumière, par une décomposition d'acide carbonique et un rejet d'oxygène.

L'intensité de l'assimilation est toutefois, comme il est à prévoir, très variable suivant l'espèce. Il y a lieu, sous ce rapport, d'établir en quelque sorte une division physiologique entre les Lichens fruticuleux ou foliacés et les Lichens crustacés. Chez les premiers, l'assimilation l'emporte, la plupart du temps, sur la respiration, même à la lumière diffuse ; les Lichens crustacés, au contraire, ne présentent en général cette prédominance que lorsqu'ils sont exposés aux rayons solaires directs.

II. — Chez les uns comme chez les autres, l'intensité des deux modes d'échanges gazeux est en outre, pour une même espèce, très variable suivant le degré d'humidité de la plante.

A mesure qu'un Lichen, primitivement sec et à l'état de vie latente, s'imbibe d'une quantité de plus en plus grande d'eau sous l'influence du substratum ou du milieu, ses fonctions respiratrice et assimilatrice se modifient de la façon suivante, qui est la même dans les deux cas:

Au début, quand le Lichen ne renferme encore qu'une faible proportion d'eau, la plus légère augmentation de cette proportion suffit pour produire une accélération très grande des échanges gazeux. Dans la suite, quand le Lichen a atteint un certain degré d'humidité, l'intensité de la respiration et de l'assimilation ne s'élève plus, par contre, que faiblement, même pour un fort apport d'eau. Enfin, il arrive un moment où non

seulement l'accroissement d'humidité n'augmente plus l'énergie des échanges gazeux, mais même la diminue ; les Lichens saturés d'eau ont, en effet, des fonctions moins actives que ceux dont la proportion d'eau est un peu au-dessous du maximum.

En d'autres termes, quand la quantité d'eau que renferme un Lichen va croissant, l'intensité respiratrice et l'intensité assimilatrice augmentent progressivement, passent par un maximum, puis diminuent; il y a ainsi, tant pour la respiration que pour l'assimilation, un optimum d'humidité.

III. — La propriété que possèdent tous les Lichens, — aussi bien les espèces hétéromères que les espèces homæomères gélatineuses — de pouvoir se dessécher complètement sans périr, permet à ces plantes de supporter des températures auxquelles le plus souvent ne résistent pas les Phanérogames.

Tandis que chez ces dernières, tout échange gazeux avec le milieu est définitivement supprimé après qu'elles sont restées dix minutes à 50°, la respiration, chez les Lichens, se manifeste encore avec une intensité normale après trois jours à 45°, quinze heures à 50°, cinq heures à 60°.

Ce n'est toutefois que dans des cas très rares, paraissant tout à fait exceptionnels, que l'assimilation, d'autre part, persiste aussi longtemps. Presque toujours, cette autre fonction est déjà annulée après que la plante a été maintenue un jour à 45°, trois heures à 50°, une demi-heure à 60°.

Cette fréquente différence de persistance des deux fonctions, respiration et assimilation, est évidemment la preuve d'une inégalité de résistance du protoplasme et de la chlorophylle aux hautes températures, chez la plante desséchée. Il suit de là que dans le Lichen exposé à la chaleur, l'altération de l'Algue est bien souvent déjà commencée alors que le Champignon est encore intact. La cellule verte a moins de chances de survivre que la cellule incolore.

IV. — Aux basses températures, la résistance des Lichens est un fait bien connu, prouvé par de nombreuses observations. A ce sujet on a pu remarquer que, d'ordinaire, dans la nature, les Lichens soumis au froid sont, comme ceux qui sont exposés

aux températures élevées, à un état complet de dessiccation. Au premier abord, on serait assez tenté d'induire, par analogie, qu'ici encore la résistance du Lichen est due à cet état de sécheresse. Nous avons vu, par nos expériences, qu'en réalité il n'en est rien : différents Lichens maintenus humides à 40° ont survécu comme des Lichens complètement dépourvus d'eau.

Chez les individus ainsi maintenus humides à des froids intenses nous avons constaté la persistance de la respiration jusqu'à — 10°. Mais le phénomène a toujours cessé d'être appréciable à partir de ce degré.

L'assimilation, au contraire, peut encore rester sensible à — 40°. L'*Evernia prunastri*, par exemple, a toujours, dans les expériences répétées que nous avons faites, présente, à cette basse température, en présence de la lumière, une décomposition d'acide carbonique accompagnée d'un rejet correspondant d'oxygène.

En dehors des Lichens, nous avons retrouvé le même fait chez des Conifères telles que l'Epicea et le Genévrier.

L'assimilation, qu'on n'avait jamais jusqu'alors constatée au-dessous de 0°, peut donc, tant que, pour une raison ou pour une autre, il reste dans la cellule de la plante qui résiste une petite quantité d'eau libre, continuer à s'exercer par les froids les plus intenses, alors que la respiration est déjà depuis longtemps complètement supprimée.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche 4.

Fig. 1. — Dispositif employé pour mesurer les échanges gazeux du Lichen avec le milieu. V : vase plat en verre, renfermant le Lichen et reposant sur le mercure dans la cuve en bois G. En tournant le robinet *r* on fait passer, par le tube *t*, dans l'appareil à prises, au début et à la fin de chaque expérience, une petite quantité du gaz contenu en V. Pour les expériences à l'obscurité, ce vase V est recouvert de papier noir.

Fig. 2. — Second dispositif employé pour mesurer les échanges gazeux du Lichen avec le milieu. L'éprouvette en verre E est transportée directement sur la cuve de l'appareil à analyses, au début et à la fin de l'expérience.

Fig. 3. — Le Lichen (*Physcia ciliaris*) est plongé dans l'eau d'un vase plat en verre et exposé au soleil ; il se produit un dégagement de bulles d'oxygène prouvant, d'une façon visible, l'assimilation chlorophyllienne.

Planche 5.

Appareil Drion et Loir modifié de façon à prouver la persistance de l'assimilation chlorophyllienne chez les Lichens et les Conifères exposés à un froid d'environ 40° au-dessous de 0.

La plante mise en expérience est placée dans l'éprouvette T^2 qui plonge dans l'acide sulfureux liquide contenu en T^1.

Dans cette éprouvette T^1 arrivent d'autre part deux tubes : l'un, S^1 s'arrête au-dessus du niveau de l'acide sulfureux ; l'autre S plonge au contraire dans l'acide.

Le tube S^1 est mis en communication avec l'aspirateur A. Lorsque l'aspirateur fonctionne, une certaine quantité d'air de l'éprouvette est entraînée. Pour la remplacer il y a appel d'air par le tube S. Cet air, desséché en passant dans le flacon F renfermant le chlorure de calcium Ca Cl, traverse l'acide sulfureux liquide et produit un bouillonnement qui active l'évaporation de cet acide.

L'abaissement de température de l'éprouvette T^2 est indiqué par le thermomètre placé dans cette éprouvette.

L'atmosphère de T^2 est mise, à volonté, en communication avec l'appareil à prises P par le tube S^2. On recueille ainsi au début et à la fin de l'expérience une petite quantité de l'air de T^2 dans l'éprouvette E.

Pour éviter le dépôt de vapeur d'eau et de glace à la surface de T^1, cette éprouvette est placée dans un vase en verre, bien clos, V, renfermant du chlorure de calcium CaCl.

Planche 6.

Cryogène Cailletet modifié de façon à prouver, par une seconde méthode, la persistance de l'assimilation chlorophyllienne chez les plantes exposées aux froids intenses.

La plante est placée dans le flacon F dont l'atmosphère est, par le tube T, mise à volonté en communication avec un appareil à prises.

Ce flacon F plonge dans l'alcool placé dans un vase métallique à double paroi, intérieurement entouré d'un serpentin S.

A est la cavité comprise entre la double paroi ; le serpentin S vient y aboutir par son extrémité inférieure.

En tournant la roue R on produit la détente de l'acide carbonique liquide contenu dans le long cylindre incliné.

L'acide carbonique passe dans le serpentin puis dans la chambre A et s'échappe à l'extérieur par le tube S. Son passage dans le serpentin et la cavité A a pour résultat d'abaisser jusqu'à des degrés très bas la température de l'alcool dans lequel plonge le flacon F.

La détente de l'acide carbonique se règle au moyen de la clef C qui ouvre ou ferme plus ou moins complètement l'entrée du serpentin. D est une enveloppe de drap protégeant contre la chaleur extérieure le vase métallique à double paroi.

G, plaque de verre recouvrant la caisse en bois B qui contient le vase à double paroi.

M, miroir reflétant les rayons solaires sur le flacon F.

Le thermomètre indiqué sur la figure plonge dans l'alcool. Dans nos expériences, un second thermomètre (non représenté) plongeait, par une tubulure supérieure, dans le flacon F.

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par M. E. AUBERT *(Suite)*.

---

§ 1. — RÉSULTATS NUMÉRIQUES DES EXPÉRIENCES SUR LA RESPIRATION DES PLANTES GRASSES ET DE QUELQUES VÉGÉTAUX ORDINAIRES.

MM. G. Bonnier et L. Mangin (1) ont étudié le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés par les plantes ordinaires avec l'air extérieur à l'obscurité. Les conclusions de leurs importants travaux ne sont pas toutes applicables aux plantes grasses, en particulier la constance du rapport $\frac{CO^2}{O}$. J'ai eu pour objet de suivre les *variations* de ce même rapport qui, chez les plantes grasses, se manifestent pour une même espèce avec :

La respiration à l'obscurité, soit pendant le jour, soit pendant la nuit ;

L'âge et la carnosité de la plante ;

Les variations de température ;

La persistance de l'obscurité.

Des résultats obtenus peuvent être tirées des conclusions assez nombreuses et assez importantes. J'ai pensé que l'exposé de ces résultats sous forme de tableaux permettrait d'en faire mieux et plus vite le rapprochement.

Ces tableaux concernent un certain nombre d'espèces de Crassulacées et de Cactées, une Mésembryanthémée et, parmi des familles variées, quelques espèces, les unes grasses, les autres non charnues.

(1) G. Bonnier et L. Mangin : *loc. cit.*

TABLEAU I. — **Crassulacées et Mésembryanthémées.**

NOMS des ESPÈCES.	NATURE de la PLANTE.	POIDS FRAIS en grammes.	VOLUME D'AIR confiné en cent. c.	DATE DE l'expérience.	DURÉE.	TEMPÉRATURE.	Valeurs de $\frac{CO^2}{O}$ p. la respirat.		Volumes en mill. cub. pour 1 gr. de poids frais en 1 heure.	
							de jour.	de nuit.	CO^2 degagé.	O absorbé.
Sedum reflexum.	Jeunes tiges.......	0.9921	26.5	13 VII	9h10	26°	1	»	92.9	92.9
	Tiges fleuries	2.9890	51.5	Id.	9 00	26	0.97	»	125.0	128.8
	Grandes tiges	1.6500	34.6	3 VII	8 10	31	0.98	»	121.6	124.0
	Jeunes tiges.......	1.2150	30.8	7-8 VII	16 20	19	»	0.83	40.4	48.7
	Grandes tiges	1.6500	34.6	2-3 VII	13 50	23	»	0.88	87.0	99.0
Sedum carneum.	Tiges jeunes.......	1.6425	24.4	3 IV	6h40	14°	0.88	»	58.4	66.0
	Id.	2.2035	36.5	21 IV	9 30	18	0.95	»	67.3	70.6
	Tiges plus grandes.	1.4830	22.8	22 V	6 50	21	0.99	»	85.5	85.9
	Id.	1.7570	25.8	1er VI	8 30	25	1	»	110.7	110.7
	Id.	2.5070	38.9	2-3 VII	14 10	23	»	0.82	68.4	83 5
Sedum Telephium.	Tige jeune........	1.9190	52.5	23 VII	7h00	24°	0.95	»	68.3	71.7
	— adulte	4.6900	129.0	2 VII	8 15	31	1.01	»	206.8	204.7
	— jeune	2.6950	18.5	15-16 VII	12 30	18	»	0.60	36.7	61.3
	— adulte	4.6900	129.0	2-3 VII	13 50	23	»	0.76	77.9	102.1
Sedum dendroideum.	Tige feuillée.......	16.1400	111.5	2 IV	8h30	12°	1	»	19.0	19.0
	Id.	5.80	89.0	3-4 V	18 20	18	»	0.41	12.7	31.1
Crassula arborescens.	Rameau feuillé	14.550	112.0	19 II	7h45	12°5	0.88	»	9.8	11.2
	Feuilles...........	6.828	46.0	19 III	3 35	13	0.87	»	14.4	16.6
	Rameau feuillé	6.720	37.0	25 IV	8 10	14	0.89	»	19.4	21.7
	Id.	6.690	35.0	3 VII	8 15	31	0.88	»	57.1	65.1
	Id.	6.760	37.0	3-4 V	18 45	18	»	0.24	6.1	25.7
	Id.	6.690	37.0	2-3 VII	14 15	23	»	0.52	29.9	57.1
Mesembryanthemum deltoides.	Rameau feuillé....	1.979	44.5	23 III	9h30	8°	0.88	»	28.8	32.9
	Id.	4.760	34.0	19 IV	8 40	12	0.88	»	50.7	57.8
	Id.	1.616	21.3	6 VI	8 00	23	0.93	»	72.2	77.6
	Id.	3.290	35.5	3 VII	8 15	31	0.87	»	54.0	62.1
	Id.	3.290	35.5	2-3 VII	13 50	23	»	0.85	48.0	56.2

TABLEAU II. — **Cactées.**

NOMS des ESPÈCES.	NATURE de la PLANTE.	POIDS FRAIS en grammes.	VOLUME D'AIR confiné en cent. c.	DATE de l'expérience.	DURÉE.	TEMPÉRATURE.	Valeurs de $\frac{CO^2}{O}$ p. la respirat. de jour.	de nuit.	Volumes en mill. cub. pour 1 gr. de poids frais en 1 heure. CO^2 dégagé	O absorbé.
Pereskia aculeata.	Jeune tige feuillée .	0.693	23.3	10 VI	9h 25	20°	0.88	»	253.8	289.4
	Id. ..	1.054	30.9	23 VII	5 25	24	0.91	»	155.0	170.5
	Id. ..	0.804	26.5	29-30 IV	15 45	15	»	0.86	99.0	114.9
	Id. ..	1.524	43.2	2-3 VII	14 10	23	»	0.84	104.2	124.0
Phyllocactus grandiflorus.	Rameau jeune ...	3.333	45.0	23 VII	8h 10	24°	0.96	»	62.1	64.5
	— âgé	6.302	49.5	10 VI	9 10	20	0.92	»	45.1	48.7
	— très âgé..	4.6515	46.2	29 V	7 10	20	0.78	»	50.3	64.4
	— jeune	4.075	50.0	3-4 V	17 20	18	»	0.63	20.4	32.4
	— adulte ...	18.255	181.0	29-30 IV	16 55	15	»	0.33	9.5	28.7
	— adulte ...	7.510	119.0	28-29 VI	17 20	22	»	0.33	19.2	57.7
	— très âgé..	17.840	198.0	3-4 V	17 00	18	»	0.09	2.55	27.2
Opuntia tomentosa.	Raquette très jeune.	12.540	27.0	1er VI	8h 50	25°	0.73	»	19.7	26.8
	— —	8.335	87.0	3 VII	8 00	31	0.73	»	36.4	49.8
	— plus âgée.	14.135	78.3	23 VII	8 25	24	0.49	»	10.8	22.0
	— de 1 an...	18.835	104.0	6 IV	10 15	13	0.41	»	4.6	11.4
	— très jeune.	8.335	87.0	2-3 VII	14 10	23	»	0.047	2.1	44.8
	— plus âgée.	14.135	78.3	23-24 VII	15 10	20	»	0.00	0.0	23.7
	— âgée	18.835	98.0	5-6 IV	13 40	11	»	0.02	0.15	7.3
Mamillaria Newmanniana.	Plante de 3 ans....	4.635	18.0	3 VII	8h 25	31°	0.79	»	21.55	27.4
	Id.	2.896	15.7	16-17 IV	12 50	12	»	0.47	4.8	10.3
	Id.	4.635	18.0	2-3 VII	14 20	23	»	0.00	0.	25.3

TABLEAU III. — **Plantes diverses.**

Noms des espèces.	Poids frais en gr.	Vol. d'air cm. c.	Temp.	Valeurs de $\frac{CO^2}{O}$ jour.	nuit.	Vol. en mill. c. p. 1 gr. poids frais en 1 h. CO² dégagé.	O absorbé.
Euphorbia mamillaris	4.63	22.8	24°	1 04	»	64.6	62.0
Id.	5.78	41.0	18	»	0.34	16.1	47.1
Kleinia articulata (Composées).	10.102	39.0	24	0.99	»	29.5	29.7
Id.	10.102	39.0	18	»	0.18	2.7	14.9
Aloe spinosa (Liliacées)	16.575	36.5	24	0.82	»	25.6	31.0
Rochea falcata (Crassulacées)...	8.915	40.0	23	0.92	»	24.7	26.7
Mirabilis Jalapa (Nyctaginées) ..	0.506	20.9	18	0.98	»	175.2	177.7
	0.971	22.5	20	0.98	»	153.2	156.3
	0.637	22.0	15	»	1.00	120.1	120.0
Ricinus communis. (Euphorbiacées)..	1.998	38.3	20	0.96	»	192.2	199.9
Hedera Helix (Araliacées)	1.011	38.0	20	0.93	»	235.6	252.1
Triticum sativum (Graminées)	0.583	31.5	13	0.98	»	285.2	290.9
Id.	0.520	46.0	8	1.03	»	186.2	179.0

Les tableaux I et II renferment onze colonnes où sont inscrites les indications relatives à chaque plante soumise à l'expérience : son poids frais, le volume de l'air qui l'entourait dans l'appareil à respiration, la température, etc.

Je n'ai pas mentionné les compositions initiale et finale de l'air, non plus que les résultats donnés par l'appareil à analyses, de peur de surcharger outre mesure les tableaux.

Dans la cinquième colonne, l'indication 13 VII par exemple. qui signifie 13 juillet, indique que la plante a été placée dans l'obscurité pendant le jour; l'indication 3-4 IV, qui signifie 3-4 avril, indique que l'expérience a été réalisée pendant la nuit du 3 au 4 avril.

Les valeurs du rapport $\frac{CO^2}{O}$, tirées de mes résultats non mentionnés ici, sont inscrites : dans la huitième colonne lorsque

l'expérience a été faite à l'obscurité pendant le jour; dans la neuvième, lorsque cette expérience a eu lieu la nuit. Enfin les dixième et onzième colonnes renferment les quantités, en millimètres cubes, des gaz échangés, en une heure, par 1 gramme de poids frais de la plante, avec l'air ambiant; quantités qui ont été calculées d'après un procédé exposé précédemment.

La comparaison de ces résultats peut être faite de deux manières :

1° Par l'étude des variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$;

2° Par l'étude de l'intensité des échanges gazeux.

§ 2. — VARIATIONS DU RAPPORT $\frac{CO^2}{O}$.

1° *Variations du rapport des gaz échangés, à l'obscurité, entre les plantes grasses et l'atmosphère soit pendant le jour, soit pendant la nuit.*

Des espèces grasses, appartenant à des familles très diverses, ont été, dans des conditions variées, soumises, dans une atmosphère confinée, à l'obscurité soit pendant le jour, soit pendant la nuit.

Quelles que soient ces espèces et ces conditions expérimentales, un fait général se dégage de mes observations :

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés par la plante avec l'air extérieur est variable, suivant que l'expérience a été faite à l'obscurité de jour ou de nuit.

Examinons de plus près ce qui concerne chaque espèce prise séparément et désignons par J la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ pour la respiration pendant le jour et par N la valeur de ce même rapport pour la respiration pendant la nuit.

A. — *Crassulacées.*

Pour le *Sedum reflexum* on a :

$J = 1$ sensiblement; $N = 0,85$ environ.

Le *Sedum carneum* est plus intéressant à observer; toutes ses tiges, prises à divers états de développement, ont été soumises à une température de plus en plus élevée avec celle de la saison où je les ai étudiées. J'ai obtenu pour J des valeurs successivement croissantes et se rapprochant constamment de l'unité, pour y parvenir au moment où l'activité vitale de la plante est maximum.

J a varié de 0,88 à 1 $N = 0,82$ $J > N$

Le *Sedum Telephium* se prête à la même observation :

$J = 0,95$ à 1 $N = 0,60$ à 0,76

Le *Sedum dendroideum* donne :

$J = 1$ $N = 0,41$

Les nombres fournis par le *Crassula arborescens* sont intéressants à consulter. La valeur J est très constante $= 0,88$. Quant à la valeur N, elle est, comme pour le *Sedum dendroideum* en particulier, notablement inférieure à J; elle a varié de 0,24 à 0,52.

$J = 0,88$ N variable de 0,24 à 0,52

Il me paraît important de faire remarquer que ces deux dernières espèces ont des feuilles très charnues et qu'elles peuvent être considérées comme des plus grasses parmi les Crassulacées.

Ainsi, *pour les Crassulacées, le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *est au plus égal à l'unité et les valeurs pendant la nuit en sont toujours plus petites que les valeurs pendant le jour.*

B. — *Mésembryanthémées.*

Pareille constatation a été faite pour plusieurs espèces de cette famille (*Mesembryanthemum cristallinum, M. Cooperi,* etc.).

Le *Mesembryanthemum deltoides* donne :

$J = 0,87$ à 0,93 $N = 0,85$

C. — *Cactées.*

Cette famille est, au point de vue qui m'occupe ici, la plus intéressante à étudier, car elle offre des espèces très variées de forme et de dimensions.

Le *Pereskia aculeata*, à rameaux grêles portant des feuilles minces et bien étalées, donne des valeurs peu différentes du rapport $\frac{CO^2}{O}$.

$J = 0,89$ en moyenne $\qquad N = 0,85 \qquad J > N$

La différence J — N devient beaucoup plus sensible chez le *Phyllocactus grandiflorus* dont les rameaux étalés sont plus épais déjà que les feuilles du *Pereskia.*

J varie de 0,96 à 0,78 $\qquad$ N varie de 0,63 à 0,09

Les valeurs les plus faibles, dans les deux cas, se rapportent à des tiges âgées. Je reviendrai plus loin sur cette observation.

Avec les *Opuntia* apparaissent les Cactées en général constituées par des raquettes plus ou moins épaisses. Je n'ai reproduit, dans le tableau II, que les résultats donnés par une seule espèce, l'*Opuntia tomentosa;* mes observations ont porté sur des raquettes les unes très jeunes, les autres âgées.

J a varié de 0,73 à 0,41 — N a varié de 0,05 à 0

L'*Opuntia maxima*, dans deux de mes analyses, a donné :

$J = 0,90 \qquad N = 0,035$

Avec l'*Opuntia cylindrica,* J a varié de 0,88 à 0,30 et $N = 0,06$ dans une expérience de respiration pendant la nuit du 5 au 6 avril.

L'*Opuntia monacantha* est l'une des espèces dont les raquettes sont les plus larges et les moins épaisses :

J a varié de 1 à 0,77 — N a varié de 0,50 (en avr.), à 0,02 (en juin et juil.).

Une Cactée sphérique, le *Mamillaria Newmanniana*, a donné :

pour J : 0,79 $\qquad$ pour N : 0,47 en avril, 0 en juillet.

Ainsi, les raquettes d'Opuntia plus ou moins épaisses et les Cactées en boule peuvent, lors de leur exposition à l'obscurité

de la nuit, ne pas dégager d'acide carbonique d'une manière sensible, puisque la valeur N du rapport $\frac{CO^2}{O}$ est représentée par 0, 0,02, et 0,06.

Je crois que s'il était possible d'effectuer un brassage complet de l'air qui entoure la plante avec le gaz renfermé dans cette plante, on obtiendrait toujours des traces d'acide carbonique. Il m'est arrivé d'avoir à l'analyse, après le traitement à la potasse, une diminution de 2 ou 3 dixièmes de division pour 470 ou 480 divisions occupées par le volume gazeux soumis à l'analyse ; ces 2 ou 3 dixièmes étant dans les limites de l'erreur possible commise dans la lecture, j'ai admis qu'il n'y avait pas d'acide carbonique dans le gaz analysé.

D. — *Plantes grasses diverses.*

Les Euphorbiacées grasses se sont comportées comme les autres végétaux charnus ; toutefois la valeur J du rapport $\frac{CO^2}{O}$ a été plus grande que l'unité [1,04 à 1,16 pour l'*Euphorbia mamillaris ;* 1,18 à 1,20 pour l'*Euphorbia rhipsaloides* dans plusieurs expériences]. La valeur N a été trouvée la même (0,32 à 0,34) pour les deux espèces étudiées encore jeunes.

Une Composée, le *Kleinia articulata*, dont j'ai placé la tige très renflée et encore dépourvue de feuilles à l'obscurité, a donné :

pour J : 0,99 pour N : 0,18.

Quant aux *plantes ordinaires*, elles m'ont fourni, dans quelques cas, des valeurs J et N du rapport $\frac{CO^2}{O}$ à peu près identiques : 0,97 à 1 et très voisines de l'unité. Ce résultat est conforme à celui qu'ont énoncé MM. Bonnier et Mangin, à savoir que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est un nombre constant pour les plantes ordinaires.

Conclusion. — Les résultats qui viennent d'être rapidement exposés montrent que les plantes grasses, plongées dans l'obscurité, absorbent toujours plus d'oxygène qu'elles ne dégagent

d'acide carbonique. Contrairement aux conclusions, formulées d'ailleurs exactement par MM. Bonnier et Mangin pour les plantes ordinaires, *le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés entre une plante grasse et l'atmosphère qui l'entoure à *l'obscurité*, rapport plus petit que l'unité, *présente pour chaque espèce grasse deux séries de valeurs, suivant que l'expérience a été faite pendant le jour ou pendant la nuit. La moyenne des valeurs de jour du rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *est plus grande que la moyenne des valeurs de nuit.*

2° *Variations du rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *avec l'âge et la carnosité de la plante :*

a. Chez une même espèce. — La comparaison des valeurs J et N du rapport $\frac{CO^2}{O}$ concernant une même espèce végétale grasse, nous a montré J > N pour chacune des espèces considérées. Mais ces valeurs sont variables, pour la même espèce, avec le développement.

Ainsi tandis que pour le *Crassula arborescens* les divers rameaux que j'ai étudiés pendant le jour sont à peu près comparables comme âge et comme développement, et donnent pour J une valeur constante 0,88, le *Phyllocactus grandiflorus* a fourni les nombres suivants :

	J	N
Rameaux jeunes	0,96	0,63
— adultes	0,92	0,33
— très âgés	0,78	0,09

Les raquettes d'*Opuntia tomentosa* de divers âges ont donné pour J des valeurs successivement décroissantes de 0,73 à 0,41 à mesure que ces raquettes étaient plus avancées.

De même avec l'*Opuntia monacantha* :

	J	N
Raquettes de quelques jours	0,99	0,50 à 0,20
— — semaines	0,90	0,17 à 0,02

De tous ces exemples il résulte que :

A mesure qu'une plante grasse avance en âge et acquiert,

par suite, une plus grande carnosité, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ concernant la respiration à l'obscurité, présente des valeurs, soit de jour, soit de nuit, qui décroissent à mesure que la carnosité est plus accentuée.

b. Chez des espèces diverses. — Les variations qu'éprouvent, pour une même plante, les valeurs J et N du rapport $\frac{CO^2}{O}$, rendent assez difficile la comparaison de ces mêmes valeurs chez des plantes diverses. Pour être autorisé à tirer d'une semblable comparaison une conclusion indiscutable, il faudrait avoir réalisé avec chaque espèce un grand nombre d'expériences et prendre la moyenne arithmétique de toutes les valeurs J et de toutes les valeurs N obtenues. Je n'ai pas fait de recherches dans ce but spécial, l'importance de la déduction cherchée n'étant que secondaire. Aussi les moyennes indiquées ci-dessous pour chaque espèce végétale sont-elles les résultats d'un nombre insuffisant d'expériences dans quelques cas.

Noms des plantes.	Moyennes des valeurs du rapport $\frac{CO^2}{O}$ concernant la respirat. norm.		Différences J-N	Proportion d'eau rapportée à 1 gr. de poids sec.
	du jour (J)	de la nuit (N)		(Mes. de la carnosité).
Mirabilis Jalapa	0.98	0.98	0.00	11.6
Pereskia aculeata	0.89	0.85	0.04	11.9
Mesembryenthemum deltoides	0.90	0.85	0.05	17.3
Sedum carneum	0.95	0.82	0.13	18.5
— *reflexum*	0.98	0.85	0.13	13.4
— *Telephium* ..	0.98	0.68	0.30	12.2
Crassula arborescens.	0.88	0.38	0.50	20.8
Phyllocactus grandiflorus	0.89	0.38	0.51	15.6
Opuntia cylindrica ..	0.58	0.06	0.52	21.5
Mamillaria Newmanniana, jeune	0.79	0.23	0.56	»
Opuntia tomentosa ...	0.59	0.03	0.56	22.7
— *monacantha*.	0.93	0.24	0.69	14.6
Kleinia articulata	0.99	0.18	0.81	»
Opuntia maxima	0.90	0.03	0.87	28.0

L'échelle des différences (J-N) des moyennes du rapport $\frac{CO^2}{O}$

établie suivant leur valeur croissante, *a déterminé un classement à peu près exact des plantes suivant l'ordre croissant de leur carnosité.* Ainsi que le montre la comparaison des nombres de la quatrième et de la cinquième colonne, sur douze plantes dont la carnosité est mesurée par la richesse en eau indiquée dans la cinquième colonne, huit sont rangées dans le même ordre que dans la quatrième colonne : *Mirabilis Jalapa*, *Pereskia aculeata*, *Mesembryanthemum deltoides*, *Sedum carneum*, *Crassula arborescens*, *Opuntia cylindrica*, *Opuntia tomentosa*, *Opuntia maxima*.

Ainsi les variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$, chez les plantes grasses, ont une certaine relation avec la carnosité de ces végétaux; elles sont d'autant plus grandes que la carnosité est plus prononcée.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Suite*).

Polygalacées. — Il résulte des observations de M. R. Chodat (1), que les caractères anatomiques ne peuvent servir à distinguer dans les Polygalacées les divers genres les uns des autres. Une exception est cependant présentée par les genres *Moutabea* et *Xanthophyllum* chez lesquels le faisceau unique du pétiole devient annulaire, tandis qu'il est ouvert chez les autres. Nous ne pouvons que signaler ici les considérations intéressantes de l'auteur relativement à la distribution et à l'origine des espèces et des groupes chez les Polygalacées.

Kramériacées. — Les Kramériacées ont été rapprochées, tantôt des Cæsalpiniées, tantôt des Polygalacées. D'après M. Finselbach (2), les plantes de cette famille diffèrent des Cæsalpinées et des Polygalacées autant par leur structure anatomique que par leurs caractères morphologiques, de sorte que l'anatomie paraît ici impuissante à donner des renseignements sur leurs affinités. Cependant par la structure de leur pétiole les Kramériacées se rapprocheraient davantage des Cæsalpiniées.

Malvacées. — La diagnose anatomique des Malvacées donnée par M. G. Küntze (3) diffère peu de celle de M. Dumont. Mais à l'inverse de ce dernier, M. Küntze estime qu'une classification anatomique des genres est impossible, car les caractères sur lesquels on pourrait s'appuyer ne sont pas généraux, et ne sont pas non plus constants, étant susceptibles de varier d'une espèce à l'autre, ou même d'un individu à l'autre, suivant le climat ou la station. D'après l'auteur, les Bombacées ont une structure anatomique si différente de celle des autres Malvacées, qu'il serait bon d'en faire une famille spéciale qui se placerait à côté des Malvacées.

Diptérocarpées, *Simarubacées*, *Liquidambarées.* — D'après M. Van Tieghem (4), les Diptérocarpées, les Simarubacées et les Liquidambarées pré-

(1) R. Chodat : *Délimitation des genres dans la famille des Polygalacées* (Archives des Sciences phys. et nat. de Genève, t. XXIII, n° 1, p. 98-101, 1890) ; — *Sur la distribution et l'origine de l'espèce et des groupes chez les Polygalacées* (Ibid., t. XXV, n° 6, 15 juin 1891).

(2) Finselbach : *Anatomie des Kramériacées* (Archives des Sciences phys. et nat. de Genève, 1891, n° 11, p. 506-509).

(3) G. Küntze : *Beiträge zur vergleichende Anatomie der Malvaceen* (Botanisches Centralblatt, nos 6-11, 1 pl., 1891).

(4) Ph. Van Tieghem : *Nouvelles remarques sur la disposition des canaux sécréteurs dans les Diptérocarpées, les Simarubacées et Liquidambarées* (Journal de Botanique, 1891, n° 22, p. 377-388).

sentent ce caractère commun que leurs canaux sécréteurs primaires appartiennent à la périphérie de la moelle dans la tige et dans la racine, à la périphérie de la région médullaire du périderme dans la feuille. D'autre part, les Liquidambarées diffèrent des deux autres familles par leurs canaux sécréteurs périmédullaires sous-libériens et les Diptérocarpées diffèrent des Simarubacées par leur liber stratifié. Ce dernier caractère rapproche les Diptérocarpées des Malvacées et en particulier des Sterculiées, qui par leurs canaux sécréteurs périmédullaires servent de trait d'union entre les deux familles.

Myristicacées. — La présence chez les *Myristica fatua et fragans* de cellules à tannin fusionnées entre elles par résorption des cloisons transverses en un symplaste analogue à celui des Chicoracées, constitue aux yeux de M. Thouvenin (1), une nouvelle justification de l'exclusion des *Myristica* de la famille des Lauracées dans laquelle on ne trouve jamais de semblables formations. Malheureusement, les observations de l'auteur, qui n'ont porté que sur 2 des 85 espèces dont se compose le genre *Myristica*, paraissent peu susceptibles de généralisation.

Berbéridées, Nymphéacées, Papavéracées, Fumariacées. — Dans ses nouvelles observations sur les familles végétales de la flore de France, M. G. Bonnier (2) ne se contente pas de faire une étude critique des caractères morphologiques externes des groupes naturels ou de la répartition géographique des genres et des espèces, et de préciser les diagnoses encore incertaines ; il enrichit en outre la systématique de nombre de faits nouveaux relatifs à la structure anatomique, au développement ou à la biologie d'un grand nombre d'espèces. C'est ainsi qu'il fait connaître les diverses particularités que présente le développement du *Berberis vulgaris* et signale, d'après M. Lothelier, le rapport qui existe entre le développement des piquants et la sécheresse de la station occupée par la plante. M. Bonnier étudie ensuite successivement le développement et la structure anatomique de diverses Nymphéacées, Papavéracées et Fumariacées françaises. Signalons, en particulier, les parties consacrées aux germinations si variées des *Papaver* et à l'anatomie de leur tige, à l'explication de la structure fenêtrée si singulière des racines âgées de *Meconopsis* et de *Chelidonium;* au développement comparé de divers *Corydalis;* aux rapports remarquables que l'on peut observer entre la différenciation morphologique externe des feuilles primordiales ou adultes des *Fumaria* et la structure de leur limbe, qu'il s'agisse d'ailleurs des feuilles normales ou des feuilles grimpantes (*Fumaria capreolata*).

2° — *Monocotylédones.*

Iridées. — La structure anatomique de la famille des Iridées peut fournir

(1) Thouvenin : *Note sur la structure des Myristicacées*, 8 p. Nancy, Berger-Levrault.

(2) G. Bonnier : *Observations sur les Berbéridées de la Flore de France* (Revue générale de Botanique, p. 276, 1890, avec fig.) ; — *Observations sur les Nymphéacées et les Papavéracées* (Ibid., p. 446, 1890, avec fig.); — *Observations sur les Fumariacées* (Ibid., p. 549, 1890, avec fig.).

dans beaucoup de cas, d'après M. R. Chodat (1), des renseignements précieux applicables à la systématique de cette famille.

Dioscoréacées. — D'après M. Nägeli la tige du *Discorea Batatas* présente normalement dans chaque entre-nœud 12 faisceaux, dont 6 se rendent aux feuilles immédiatement superposées, 3 pour chaque feuille, et dont les 6 autres sont destinés à la paire de feuilles suivante. M. G. Beauvisage (2) considère cette conception comme étant la généralisation d'un fait exceptionnel. D'après lui, chaque entre-nœud contient normalement 16 faisceaux; les 4 faisceaux méconnus par Nägeli seraient superposés aux vallécules dont se creuse la surface de la tige. Partant de là, l'auteur expose ensuite la marche des faisceaux telle qu'il la conçoit.

Liliacées. — M. D. Lanza (3) conclut de ses recherches sur la structure de la feuille des Aloinées que les caractères anatomiques ne sont d'aucun secours pour la différenciation des quatre genres de ce groupe. La présence des cellules à aloès n'est pas même caractéristique des Aloinées, puisque certaines espèces en sont dépourvues et que d'autre part les Asphodèles siciliennes présentent de semblables formations.

Des observations de M. W. Russell (4) sur le développement et l'anatomie des cladodes du Petit-Houx, il résulte que ces formations ne sont ni des feuilles, ni des feuilles unies au rameau axillaire dont elles procèdent, mais des rameaux aplatis dans lesquels le cylindre central s'est comme décomposé et fractionné en parties séparées les unes des autres et disposées sur un même plan.

D'après M. C. Schmidt (5), les Hæmodoracées, si l'on en exclut les genres *Ophiopogon* et *Sanseviera*, sont assez bien caractérisées par la disposition des faisceaux libéro-ligneux de leurs feuilles; les Xérotidées sont caractérisées aussi par la disposition de leurs faisceaux et en outre par l'épaisseur des parois de leurs éléments ligneux. Ces diverses plantes présentent les particularités de structure habituelles aux espèces xérophiles.

Juncacées. — La présence des tubercules ou des bulbes si fréquente chez les Liliacées n'a été signalée jusqu'ici que chez un petit nombre de Juncacées. M. Fr. Buchenau (6) a constaté que ces formations sont plus fréquentes dans cette dernière famille qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. D'après l'auteur, ces bulbes ou ces tubercules ont pour origine toutes les parties de l'axe, ou seulement les feuilles, ou les gaines des feuilles; ils peuvent se former normalement (*Luzula nodosa*) ou sous des influences climatériques (*Juncus*

(1) R. Chodat : *Sur la structure anatomique des feuilles des Iridées* (Archives des Sciences phys. et nat. de Genève, 1891, n° 11, p. 496-501).

(2) G. Beauvisage : *La course des faisceaux dans la tige du Dioscorea Batatas* (Extrait du Bulletin de la Soc. Botan. de Lyon, 15e année, 11 p.).

(3) D. Lanza : *La strutture delle foglie nelle Aloineæ ed i suoi rapporti con la sistematica* (Malpighia, Anno IV, p. 145-167).

(4) W. Russell : *Recherches sur le développement et l'Anatomie des cladodes du Petit-Houx* (Revue générale de Botanique, t. II, n° 17, p. 193-199, avec fig., 1890).

(5) C. Schmidt : *Ueber den Blattbau einiger xerophilen Liliifloren* (Botanisches Centralblatt, Bd. LXVII, n°s 1-6, 1891).

(6) Fr. Buchenau : *Ueber Knollen und Zwiebelbildung bei den Juncaceen* (Flora Heft 1, p. 71-83, 1891).

subulatus, *J. nodosus*, etc., *Luzula campestris*, var. *bulbosa* F. Buchenau, etc.), ou sous l'influence de Champignons (*Juncus lamprocarpus*, etc.) ou de larves d'insectes (nombreux *Juncus*).

Restiacées. — Les Restiacées sont des plantes des lieux secs et chauds; on les trouve presque exclusivement cantonnées au Cap et en Australie. D'après M. Gilg (1) ces plantes offrent à un haut degré les caractères anatomiques habituels aux espèces désertiques. Les feuilles demeurent rudimentaires ou tombent de bonne heure, la tige présente au-dessous de l'épiderme un tissu assimilateur très développé; à travers lequel la circulation de l'air est rendue facile grâce à l'existence de deux sortes de méats dont les uns occupent les angles des cellules assimilatrices et dont les autres les entourent

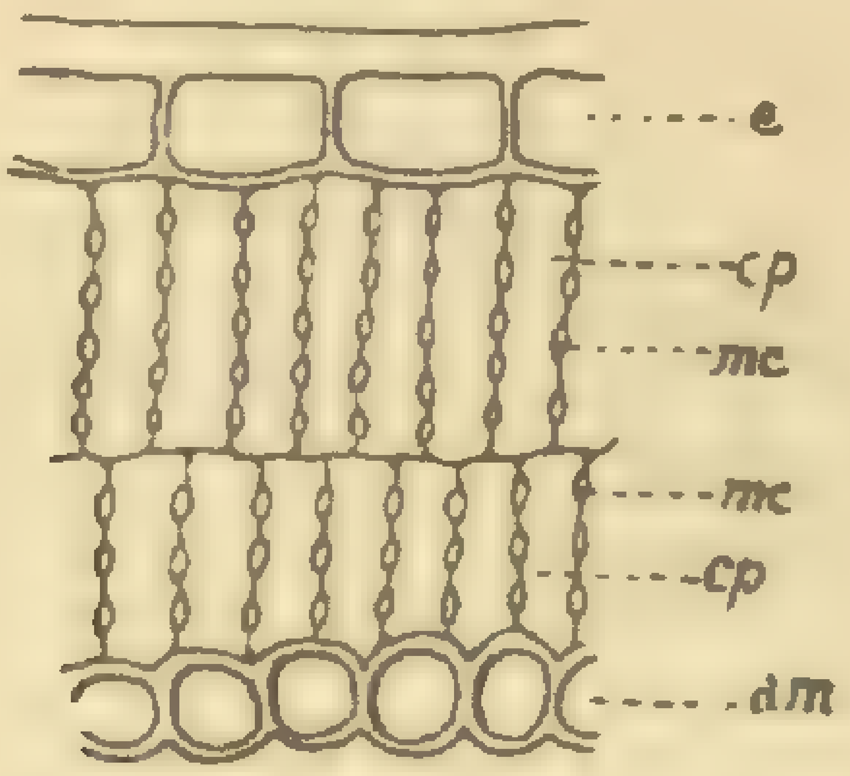


Fig. 65. — Coupe transversale du tissu assimilateur de la tige de l'*Hypolæna laxiflora*. — *e*, épiderme; *cp*, cellule palissadique; *am*, assise de tissu mécanique; *mc*, méat en ceinture. (D'après F. Simon).

à la façon d'une ceinture (fig. 65); cette particularité est, d'après l'auteur, en rapport avec la forte assimilation qui se produit dans ce tissu. Elle a d'ailleurs été signalée dans quelques plantes de cette famille par M. Pfitzer, et par M. Tschirch dans le *Kingia australis*. M. Gilg a pu donner une diagnose anatomique des divers genres de la famille des Restiacées.

(1) E. Gilg : *Beiträge zur vergleichende Anatomie der xerophilen Familie der Restiaceæ* (Engler's Jahrbucher fur Systematik, Pflanzengeschichte, etc., Bd. XIII, Heft V, p. 541-606, 3 pl., 1891).

(*A suivre.*) A. Prunet.

Ed. Janczewski & Mieczyński del.

Anemone Germination.

Lit. A. Pruszyńskiego w Krakowie

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la ***Revue.***

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 août 1892

N° 44

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 AOUT 1892

Pages.

I. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*suite*) 337

II. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE VÉGÉTALE, parus de juillet 1890 à décembre 1891 (avec figures dans le texte), par **M. A. Prunet** (*fin*) 354

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON :

PLANCHE 8. — *Appareil pour étudier les échanges gazeux des plantes grasses.*

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

RECHERCHES

SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par M. E. AUBERT (*Suite*).

3° *Influence de la température sur la valeur du rapport* $\frac{CO^2}{O}$.

MM. Bonnier et Mangin ont montré que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés avec l'air ambiant, par une plante ordinaire, à l'obscurité, est indépendant de la température. En est-il de même pour les plantes grasses? La comparaison ne peut en être faite que sur les valeurs J ou sur les valeurs N d'une même plante, prise au même état de développement.

a. Valeurs J du rapport $\frac{CO^2}{O}$ *à diverses températures.* — Toutes les expériences citées au tableau I, concernant le *Crassula arborescens*, sont relatives à des rameaux comparables. Pour quatre expériences réalisées à 12°, 13°, 14° et 32°, le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,88$. J'ai porté un jour la température à 36°, le rapport a pris la valeur 1,14 ; mais la plante avait subi un commencement d'altération, car 1 gramme de poids frais du végétal a absorbé par heure, à 36°, 58 millimètres cubes d'oxygène, tandis qu'à 32° cette absorption a atteint 65 millimètres cubes.

Or on sait que pendant toute la durée de la respiration normale d'une plante, la quantité d'oxygène absorbé croît avec la température.

Les valeurs J, données par des tiges de développement comparable, ont été :

Pour le *Sedum carneum*, égales à 1 à 21° et 25°.

Pour le *Sedum reflexum*, de 0,97 à 1 aux températures 26° et 33°.

Pour le *Mesembryanthemum deltoides*, variables entre 0,87 et 0,93 aux températures de 8° à 33°.

En résumé,

La valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ *pour la respiration pendant le jour est indépendante de la température, chez les Crassulacées et les Mésembryanthémées peu charnues.*

Il ne paraît pas en être de même chez les Cactées qu'il m'a été plus difficile d'étudier au même point de vue, car sur les plantes dont je disposais, je n'ai pu trouver des raquettes d'une même espèce entièrement comparables, si ce n'est pour les jeunes rameaux feuillés de *Pereskia aculeata*.

Les valeurs J du rapport $\frac{CO^2}{O}$ ont été pour *Pereskia aculeata* :

0,88 à 20° et 0,91 à 24°.

Cette difficulté dans la comparaison des résultats est manifestée par la divergence des nombres suivants :

A 20°, deux rameaux de *Phyllocactus grandiflorus*, dont les poids frais étaient $4^{gr},6515$ et $6^{gr},302$, ayant respiré à l'obscurité pendant huit heures, l'un le 28 mai et l'autre le 10 juin, à partir de la même heure, ont donné :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,78 \text{ (28 mai)}; \qquad \frac{CO^2}{O} = 0,92 \text{ (10 juin)}.$$

Cependant *chez les Cactées très épaisses, les valeurs de jour du rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *croissent avec la température et se rapprochent de plus en plus de l'unité.*

Ainsi les valeurs J du rapport $\frac{CO^2}{O}$ ont été pour l'*Opuntia tomentosa* :

0,41 à la température de 13°; 0,49 à 24° 0,73 à 28° et 0,98 à 35°

Les quantités d'oxygène absorbées par 1 gramme de poids frais et par heure ont atteint à ces quatre températures :

$11^{mmc},4$ à 13°; 22^{mmc} à 24°; $26^{mmc},8$ à 28° et $37^{mmc},2$ à 35°.

La progression croissante de ces volumes gazeux absorbés indique que les raquettes n'ont pas souffert, même celle qui a supporté la température de 35°.

b. Valeurs N du rapport $\frac{CO^2}{O}$ *à diverses températures.* — Si les valeurs J du rapport $\frac{CO^2}{O}$ sont constantes chez les Crassulacées et les Mésembryanthémées peu charnues et variables tout au moins chez les Cactées très épaisses, aux diverses températures où s'accomplit la respiration normale, *les valeurs N de ce même rapport sont variables chez toutes les plantes grasses à carnosité un peu accentuée.*

En effet ces valeurs N ont été :

Pour le *Crassula arborescens :*

0,24 à 18° et 0,52 à 23°.

Pour deux jeunes raquettes d'*Opuntia monacantha* entièrement comparables ($1^{gr},372$ et $1^{gr},280$) :

0,21 à 0,12° 0,50 à 15°

Conclusions :

1° Les variations de la température (dans les limites où ne cesse de s'exercer la respiration normale) *ne modifient pas le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *des gaz échangés avec l'air, à l'obscurité et pendant le jour, par les plantes grasses à épiderme peu cutinisé et par les Cactées très minces*, comme le *Pereskia aculeata.*

Chez ces plantes et dans ces conditions, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est voisin de l'unité ;

2° Les variations de la température influent sur le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés avec l'air, à l'obscurité :

Pendant le jour, par les Cactées épaisses ;
Pendant la nuit, par toutes les plantes grasses.

Chez ces plantes et dans ces conditions, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est en général beaucoup plus petit que l'unité ;

3° Les variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$ avec la température sont d'autant plus grandes que les végétaux sont plus charnus ;

4° Le rapport $\frac{CO^2}{O}$, dans tous les cas où il varie avec la température, *se rapproche de plus en plus de l'unité, à mesure que la température s'élève, mais sans jamais dépasser l'unité ;* c'est-à-dire que dans tous les cas envisagés ici, on a $\frac{CO^2}{O} \leq 1$.

MM. Dehérain et Moissan (1) dans un travail publié en 1874 disaient que :

« La quantité d'oxygène absorbé par les feuilles surpasse la quantité d'acide carbonique produit ; la différence est surtout sensible aux basses températures qui paraissent favoriser dans les plantes la formation de produits incomplètement oxydés, tels que les acides végétaux. »

Cette proposition, contestée par MM. Bonnier et Mangin pour les espèces végétales ordinaires, est applicable dans une certaine mesure aux plantes grasses que n'ont pas étudiées MM. Dehérain et Moissan.

D'accord avec ces deux savants sur la dépendance étroite du phénomène respiratoire avec la formation des acides végétaux, je ne saurais toutefois admettre, comme ils l'ont fait, que le

(1) Dehérain et Moissan : *Recherches sur la respiration des feuilles.* (Annales des sc. nat., 5ᵉ série, t. XIX, 1874.)

rapport $\frac{CO^2}{O}$ puisse, dans la respiration normale, prendre des valeurs supérieures à l'unité.

Les courbes de la figure 66 ont pour objet de rendre plus saisissables les conclusions qui précèdent. Elles montrent, pour

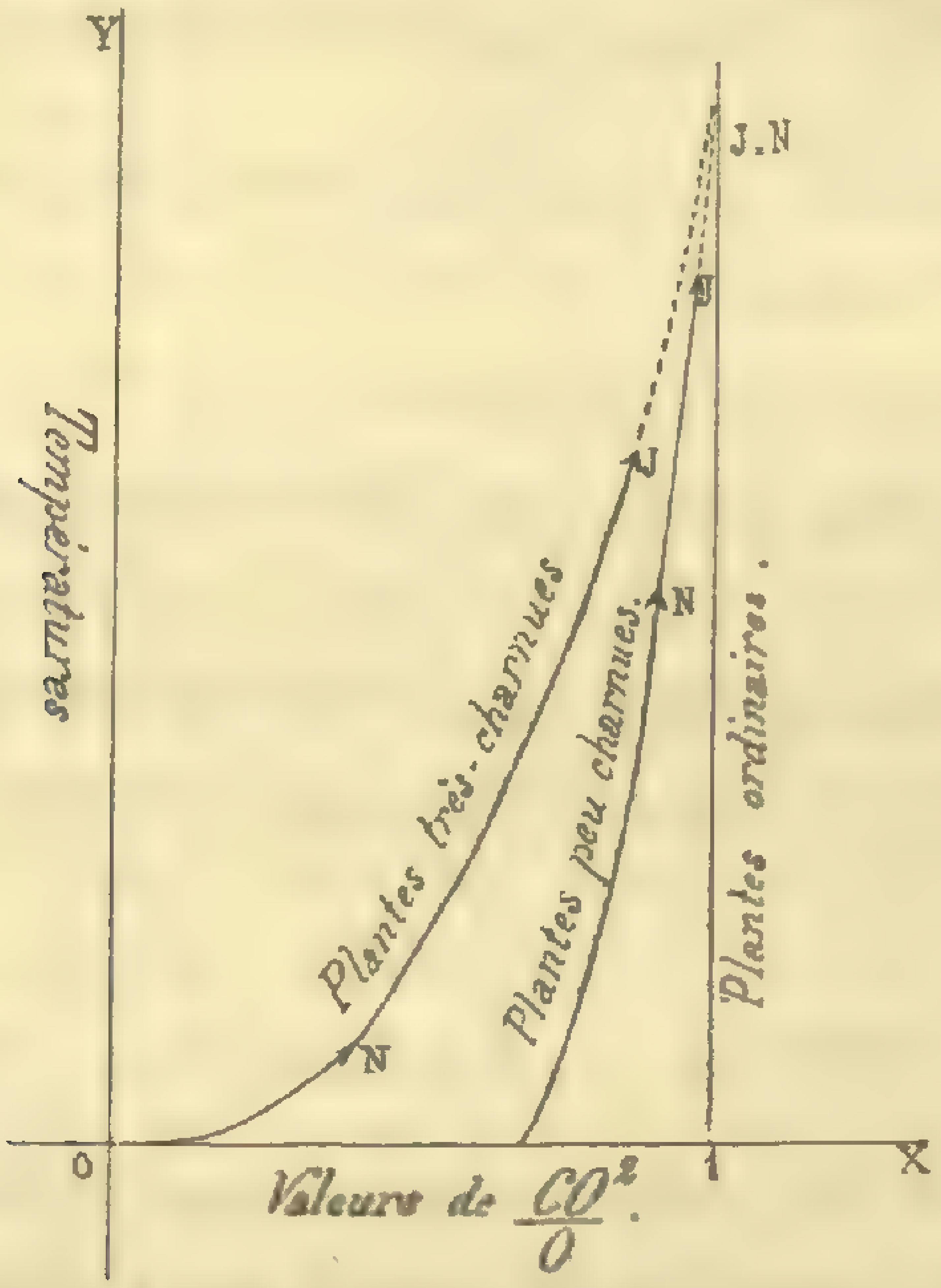


Fig. 66. — Courbes des variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$: OX, axe des valeurs de $\frac{CO^2}{O}$; OY, axe des températures. La courbe des plantes ordinaires est une droite, puisque $\frac{CO^2}{O}$ est constant avec la température et égal à l'unité ; la courbe des plantes peu charnues tend vers l'unité avec l'élévation de la température; les valeurs J sont toujours plus voisines de 1 que les valeurs N ; la courbe des plantes très charnues indique que $\frac{CO^2}{O}$ est quelquefois voisin de zéro pendant la nuit et se rapproche de l'unité avec l'élévation de la température ; J est le plus souvent très différent de N pour ces plantes. $J > N$.

toutes les plantes grasses, quelle que soit leur carnosité, qu'avec l'augmentation de la température, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ se rapproche toujours de l'unité et que les valeurs J de ce rapport sont supérieures aux valeurs N, dans tous les cas où l'on étudie la respiration des plantes grasses à l'obscurité.

4° *Influence de l'obscurité prolongée sur la valeur du rapport* $\frac{CO^2}{O}$.

M. Hugo de Vries a fait connaître que les acides organiques diminuent peu à peu chez les plantes grasses (Crassulacées) soumises à une obscurité prolongée. S'il y a véritablement corrélation entre la formation des acides végétaux et la respiration des plantes, l'obscurité prolongée doit avoir une influence sur la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$. Une pareille étude nous fournira probablement l'explication des variations de ce rapport, variations qui pourraient paraître étranges, voire même capricieuses, si je m'en tenais aux indications qui précèdent.

J'ai déterminé les effets de l'obscurité prolongée sur les échanges gazeux d'une Crassulacée (*Crassula arborescens*) et de deux Cactées : l'une aplatie et d'assez faible carnosité (*Phyllocactus grandiflorus*), l'autre cylindrique et très charnue (*Opuntia cylindrica*).

a. Crassula arborescens. — Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ a pris les valeurs : 0,24 à 18° et 0,52 à 23°, pour cette espèce placée seulement pendant une nuit à l'obscurité. Il aurait sans doute été plus faible à la température de 10°, température à laquelle j'ai réalisé l'expérience suivante :

Le 15 mars, à six heures du soir, un pied de *Crassula arborescens* a été soumis à l'obscurité prolongée, sous une épaisse coiffe de papier noir; le lendemain matin, j'en ai détaché un rameau que j'ai rapidement placé dans une éprouvette enveloppée de papier noir, sur la cuve à mercure. Une prise de gaz a été faite après brassage (le rameau n'a pas été un seul instant exposé à la lumière pendant cette manipulation). Le 16 mars au soir, j'ai fait l'analyse du gaz final ; le rapport $\frac{CO^2}{O}$ a été trouvé égal à 0,90.

Une expérience semblable, réalisée avec un autre rameau détaché d'un pied *depuis cinq jours à l'obscurité*, m'a donné : $\frac{CO^2}{O} = 1$.

Ainsi, *le rapport* $\frac{CO^2}{O}$, *d'abord très inférieur à l'unité pour le*

Crassula arborescens *exposé à l'obscurité pendant la nuit, prend des valeurs successivement croissantes et se rapprochant de plus en plus de l'unité, lorsque cette espèce est soumise à une obscurité prolongée.*

C'est pour une raison identique que les valeurs J du rapport $\frac{CO^2}{O}$ sont plus rapprochées de 1 que les valeurs N chez les Crassulacées; car une plante placée le matin à l'obscurité se trouve par le fait soumise à une obscurité prolongée, puisqu'elle sort à peine de l'obscurité de la nuit.

b. Phyllocactus grandiflorus. — J'ai procédé d'une autre manière avec cette espèce. Comme il est fort difficile de trouver, chez les Cactées, des parties de plantes parfaitement comparables, j'ai mis à profit la grande vitalité des Cactées en plaçant un même rameau pendant plusieurs jours à l'obscurité; de temps à autre, j'ai fait un brassage de l'air de l'éprouvette, puis une analyse de ce gaz.

Les résultats de cette expérience sont reproduits ici :

Phyllocactus grandiflorus.

Poids frais : 7gr,51. — Vol. d'air initial : 119cmc.

Jours et heures des prises de gaz.	Température.	Valeurs de $\frac{CO^2}{O}$	Vol. en mill. c. p. 1 gr. de poids frais, en 1 heure, de: CO^2 dégagé	O absorbé	Proportion p. 100 d'oxygène dans l'air à chaque prise de gaz.
28 juin. 5h 35 soir.	22°	»	»	»	20.36 (début)
29 — 10 55 mat.	22°	0.33	19.23	57.7	14.05
29 — 7 soir.	25°	0.56	32.53	57.9	11.04
30 — 9 25 mat.	24°	0.72	35.6	49.16	7.95
1er juillet. 11 40 mat.	24°	0.85	40.6	47.9	0.41

Pour le *Phyllocactus*, comme pour le *Crassula arborescens, le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *se rapproche de l'unité de plus en plus, à mesure que l'obscurité dure depuis plus longtemps.*

On ne peut invoquer ici, comme raison de cette variation : ni l'influence de la température qui s'est peu modifiée, ni l'appauvrissement de l'air en oxygène puisque le volume d'oxygène.

absorbé a très peu diminué comparativement à la proportion pour 100 de ce gaz dans l'air ; ni l'asphyxie ou la fermentation de la plante, puisque la quantité d'acide carbonique dégagé a augmenté très régulièrement. Et d'ailleurs, la meilleure preuve que la plante n'est même pas entrée dans la période de résistance à l'asphyxie, c'est que, exposée à partir de 11h40 du matin, le 1er juillet, dans la même éprouvette sans aucun changement, à la lumière solaire, elle avait porté à 13 p. 100 la quantité d'oxygène dans l'air de l'éprouvette à 6 heures du soir.

c. Opuntia cylindrica. — J'ai opéré comme pour le *Phyllocactus*, et les résultats de cette expérience sont les suivants :

Opuntia cylindrica. — Poids : frais 89gr,36.

Jours et heures des prises de gaz.		Température.	Valeurs de $\frac{CO^2}{O}$	Vol. en mill. c. p. 1 gr. de poids frais, en 1 heure, de CO^2 dégagé	O absorbé	Proportion p. 100 d'oxygène dans l'air à chaque prise de gaz.
8 avril.	10h50 mat.	12°	»	»	»	20.72 (début.)
8 —	6 15 soir.	12°	0.42	1.7	4.1	18.29
9 —	8 55 mat.	10°	0.42	1.43	3.42	14.55
9 —	5 40 soir.	12°	0.46	1.7	3.7	11.41
10 —	7 20 mat.	10°	0.43	1.46	3.44	8.16
12 —	8 30 mat.	8°	0.44	1.05	2.37	2.54
13 —	9 30 mat.	10°	0.70	1.48	2.13	0.00

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ concernant l'*Opuntia cylindrica* est demeuré constant pendant quatre jours, bien que la proportion d'oxygène p. 100 eût varié de 20,72 à 2,54 ; et c'est seulement lorsque l'air extérieur ne renferme plus que des traces d'oxygène, que ce rapport s'élève et se rapproche de l'unité. Pendant tout ce temps, la quantité d'oxygène absorbé diminuant peu à peu et régulièrement, la quantité d'acide carbonique dégagé a subi de faibles oscillations avec la température, pour n'augmenter qu'au moment où la plante allait être dépourvue d'oxygène.

A ce dernier moment la plante a-t-elle commencé à subir l'asphyxie? Pour le vérifier, j'ai placé l'éprouvette et la plante à la lumière sans rien modifier de l'atmosphère intérieure. Le ciel

était faiblement couvert le 13 avril et, le soir à 6 heures, la proportion d'oxygène dégagé par la plante était de 1,81 p. 100. Continuant à laisser la plante ainsi exposée alternativement à la lumière du jour et à l'obscurité de la nuit, j'ai trouvé le 17 avril 10,65 p. 100 d'oxygène dans l'air de l'éprouvette.

Une plante grasse soumise à l'action de l'obscurité prolongée, met donc en réserve un volume d'oxygène égal à la différence entre le volume total d'oxygène absorbé et celui que contient la totalité de l'acide carbonique dégagé ; mais cette mise en réserve s'atténue de plus en plus, puisque le rapport $\frac{CO^2}{O}$ se rapproche peu à peu de l'unité qu'il atteint lorsque l'atmosphère confinée ne renferme plus d'oxygène libre. A partir de ce moment la résistance à l'asphyxie, puis l'asphyxie elle-même, se manifestent et l'oxygène de réserve s'épuise, la plante s'affaiblit et meurt.

Sous quelle forme cet oxygène a-t-il été mis en réserve? Très probablement sous la forme d'acides organiques très oxygénés ; mais cette question sera traitée plus loin avec tout le développement nécessaire et d'une manière très générale. Je me contenterai de citer ici la conclusion de l'étude relative à l'influence de l'obscurité persistante sur le rapport $\frac{CO^2}{O}$.

Conclusion. — Les plantes grasses soumises à l'obscurité prolongée ne donnent pas lieu à la distinction de valeurs J et N du rapport $\frac{CO^2}{O}$. On a vu que ce rapport n'est variable entre des limites étendues que pour les plantes grasses très charnues. Or quand on soumet ces plantes *à une obscurité prolongée, le rapport $\frac{CO^2}{O}$, d'abord plus ou moins éloigné de l'unité et plus petit que 1, s'en rapproche peu à peu à mesure que croît le séjour à l'obscurité. Cette augmentation du rapport $\frac{CO^2}{O}$, rapide chez les Crassulacées, est d'autant plus lente chez les Cactées que leurs tissus sont plus épais.*

§ 3. — Intensité des échanges gazeux.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des échanges gazeux des plantes grasses avec l'air extérieur est variable suivant que l'expérience a lieu à l'obscurité pendant le jour ou pendant la nuit; et ce rapport, plus petit que l'unité, est toujours plus petit la nuit que le jour, pour une même plante grasse et toutes conditions égales d'ailleurs.

De deux choses l'une :

Ou bien la quantité d'oxygène absorbé est plus grande la nuit que le jour;

Ou bien le volume d'acide carbonique dégagé est plus petit la nuit que le jour.

Cette question doit être résolue avant toute autre, pour permettre la comparaison des échanges gazeux des plantes.

1° *Intensité des échanges gazeux d'une plante donnée, à une même température, à l'obscurité pendant le jour et pendant la nuit.*

Quelques observations ont été faites avec des Crassulacées et des Cactées.

Sedum acre. — J'ai exposé à l'obscurité des tiges feuillées prises sur une même touffe de *Sedum acre*, les unes le 29 juin à la température de 26°, les autres dans la nuit du 29 au 30 juin à la température de 24° et j'ai obtenu :

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,96 = \frac{69^{mmc},5 = \text{acide carbonique dégagé}}{72\ \ ,3 = \text{oxygène absorbé}}.$$

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,84 = \frac{60^{mmc} \quad = \text{acide carbonique dégagé.}}{71\ \ ,35 = \text{oxygène absorbé.}}$$

Les volumes d'oxygène absorbés par heure et par gramme de poids frais sont sensiblement les mêmes (72,3 et 71,35); le

volume d'acide carbonique dégagé pendant la nuit est plus faible que celui qui a été émis pendant le jour ($60 < 69,5$).

Des expériences réalisées de la même manière sur le *Sedum carneum* et le *Sedum Telephium* ont abouti à de semblables résultats.

En opérant sur des Crassulacées plus épaisses, la différence sera probablement plus accusée puisque les variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$ sont plus considérables.

Crassula arborescens. — Deux expériences ont été faites, l'une pendant la journée du 25 avril à la température de 14°, l'autre pendant la nuit du 3 au 4 mai à la température de 18°.

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,89 = \frac{19^{mmc},4 = \text{acide carbonique dégagé}}{21\ \ ,7 = \text{oxygène absorbé}}.$$

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,24 = \frac{6^{mmc},10 = \text{acide carbonique dégagé}}{25\ \ ,75 = \text{oxygène absorbé}}.$$

La quantité d'oxygène absorbée a été un peu plus faible pendant le jour, à cause de la température, inférieure de 4° à celle de l'expérience de nuit; la quantité d'acide carbonique dégagée pendant la nuit ($6^{mmc},1$) est bien plus faible que celle dégagée pendant le jour (19,4).

Phyllocactus grandiflorus. — Deux expériences, l'une du 10 juin à 20°, l'autre pendant la nuit du 28 au 29 juin à 22°, ont donné :

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,92 = \frac{45^{mmc},14}{48\ \ ,75}.$$

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,33 = \frac{19^{mmc},2}{57\ \ ,7}.$$

Opuntia tomentosa. — De deux expériences faites, l'une le 6 avril à la température de 13°, l'autre dans la nuit du 16 au 17 avril à 12°, il résulte :

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0{,}41 = \frac{4^{mmc}{,}6}{11\ \ \ {,}4}$$

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0{,}037 = \frac{0^{mmc}{,}4}{10\ \ \ {,}9}.$$

Deux autres expériences faites avec la même raquette, l'une le 3 juillet, l'autre dans la nuit du 2 au 3 juillet, ont donné :

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0{,}73 = \frac{36^{mmc}{,}4}{49\ \ \ {,}8}.$$

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0{,}047 = \frac{2^{mmc}{,}1}{44\ \ \ {,}8}.$$

Il résulte également d'observations faites avec la même raquette, l'une le 23 juillet à 24°, l'autre dans la nuit du 23 au 24 juillet à 20° :

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0{,}49 = \frac{10^{mmc}{,}8}{22\ \ \ {,}0}.$$

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0 = \frac{0}{23^{mmc}{,}7}.\ (1)$$

Opuntia cylindrica. — Deux expériences, l'une du 6 avril à 13°, l'autre de la nuit du 5 au 6 avril à la température de 11°, m'ont donné :

Respiration pendant le jour :

$$\frac{CO^2}{O} = 0{,}30 = \frac{2^{mmc}{,}04}{6\ \ \ {,}84}.$$

(1) De Saussure dit que le *Cactus Opuntia* et d'autres plantes grasses, abandonnés la nuit en présence de l'eau de chaux, dans une éprouvette, ne troublent pas cette eau comme le font les plantes ordinaires. C'est inexact la plupart du temps; il y a trouble, mais moins abondant pour les Cactées que pour les Crassulacées elles-mêmes. J'ai fait une expérience de ce genre dans la nuit du 6 au 7 juillet 1891 avec une raquette d'*Opuntia dejecta* et une tige feuillée de *Crassula arborescens*; dans le premier cas, il y a eu trouble assez accusé et un peu de dépôt de carbonate de chaux sur le mercure qui fermait en bas l'éprouvette ; dans le second cas, le précipité a été relativement abondant.

Respiration pendant la nuit :

$$\frac{CO^2}{O} = 0,06 = \frac{0^{mmc},3}{5\ \ ,0}.$$

L'examen comparatif de tous ces résultats, pris deux à deux pour chacune des espèces végétales considérées, m'amène à conclure avec d'autant plus de certitude que les exemples sont plus nombreux :

Une plante grasse, soumise à la même température à l'obscurité, *absorbe nuit et jour*, pendant le même temps, *un volume d'oxygène à peu près constant ; mais elle dégage pendant le jour une proportion d'acide carbonique plus grande que pendant la nuit.* Cette différence entre les volumes d'acide carbonique dégagés est d'autant plus importante que les plantes sont plus charnues.

Pour comparer les échanges gazeux :

d'une même plante grasse *à diverses températures*,

de diverses espèces *à une même température*,

il faut donc porter l'attention, non sur les volumes d'acide carbonique dégagés puisqu'ils sont variables, mais sur les volumes d'oxygène absorbés qui sont à peu près constants.

2° *Influence de la température sur l'intensité des échanges gazeux.*

Après de Saussure et Garreau, M. de Fauconpret (1) a montré que les plantes ordinaires, respirant à l'obscurité, dégagent une quantité d'acide carbonique croissant avec la température, conformément à la fonction $Q = A + Ct^2$.

MM. Wolkoff et Mayer (2) ont constaté l'augmentation régulière de l'intensité respiratoire avec la température, en mesurant l'absorption d'oxygène. Ils exposaient, à cet effet, des plantes ou des portions de plantes dans une atmosphère confinée, en présence d'une dissolution de soude caustique qui

(1) Félix de Fauconpret : *Recherches sur la respiration des végétaux*. (Comptes rendus, 1864.)

(2) Wolkoff et Mayer : *Landwirthsch. Jahrb.* 1874, t. III. — Mayer : *Versuchstat.* 1876, t. XIX.

absorbait l'acide carbonique à mesure de sa formation. Ils déterminaient la quantité d'oxygène absorbée par la diminution de pression lue sur un manomètre.

MM. Richavi, Askenasy, Dehérain et Moissan, Bonnier et Mangin ont tous constaté l'augmentation de l'intensité respiratoire avec la température.

Les plantes grasses ne font pas exception, et j'ai pu le vérifier dans un grand nombre de cas, surtout en opérant sur des *échantillons comparables par leur développement*. J'ai déterminé le changement survenu, au bout d'un temps déterminé, dans la composition du gaz entourant ces plantes, et j'en ai déduit, conformément à un calcul précédemment indiqué, les volumes d'oxygène absorbés par 1 gramme de poids frais de ces plantes comparables, pendant une heure, à des températures diverses.

Ainsi deux rosettes de *Sempervivum tectorum* A et B ont absorbé par gramme de poids frais, en une heure, les volumes d'oxygène suivants :

	à 13°	à 26°	à 42°
A	24^{mmc},7	104^{mmc}	167^{mmc}
B	17 ,0	83	111

Des rameaux comparables de *Crassula arborescens* ont de même absorbé une quantité croissante d'oxygène avec la température :

à	12°,5	11^{mmc},2	d'oxygène.
à	13°	16 ,6	—
à	14°	21 ,7	—
à	23°	57 ,1	—
à	31°	65 ,1	—

Un jeune pied de trois ans de *Mamillaria Newmanniana* a également absorbé par gramme de poids frais en une heure :

à	10°	10^{mmc},3	d'oxygène.
à	23°	25 ,3	—
à	31°	27 ,4	—

Deux raquettes d'*Opuntia tomentosa* de quelques jours, et à peu près comparables, qui pesaient 12^{gr},540 et 8^{gr},335, ont ab-

sorbé par gramme de poids frais :

la 1re	à	25°	26mmc,8	d'oxygène.
la 2e	à	31°	49 ,8	—

Il est à remarquer qu'aux températures voisines de zéro, les échanges gazeux des Cactées sont à peu près nuls.

Le *Cereus grandiflorus* a, le 5 janvier 1891, absorbé, à la température de 5° par gramme de poids frais en une heure : 4mmc,4 d'oxygène.

Le *Cereus lanuginosus*, le 29 décembre 1890, à la température de 9°, a absorbé 6mmc,7 d'oxygène.

Donc, *les échanges gazeux des plantes grasses sont favorisés par l'élévation de température*, comme cela se produit chez les végétaux ordinaires.

3° *Influence de l'âge de la plante sur l'intensité respiratoire.*

De Saussure avait déjà reconnu que l'intensité respiratoire d'une plante est d'autant plus grande que cette plante est plus jeune.

MM. Bonnier et Mangin ont longuement étudié la question chez les plantes ordinaires. Je n'ai fait que de rares observations du même genre chez les plantes grasses ; je ne pouvais observer en effet les variations de l'intensité respiratoire à une même température, chez une plante grasse donnée, depuis son éclosion d'une graine jusqu'à sa fructification, le développement de ces plantes étant extrêmement lent dans la plupart des cas.

Aussi me contenterai-je d'ajouter, pour les plantes grasses, quelques résultats à ceux qui sont connus jusqu'ici pour les plantes ordinaires.

Des tiges feuillées de *Sedum acre* ont été mises à l'obscurité dans des éprouvettes sur le mercure, aux dates et dans les conditions suivantes :

	Température :	Vol. d'O absorbés par 1 gr. de poids frais en 1 h. :
	degrés.	mill. cubes.
6 juin.	23	102,04
20 —	24	92,2
29 —	23	71,35

Ainsi, *à mesure que les tiges grandissent, elles absorbent une moindre quantité d'oxygène à poids frais égal et dans le même temps.*

Il en a été de même pour trois raquettes d'*Opuntia monacantha*, observées simultanément le 29 juin 1891 :

Poids frais des raquettes : gr.	Température : degrés.	Vol. d'O absorbés par 1 gr. de poids frais en 1 h. : mill. cub.
2,05	26	95,5
11,222	26	58,7
17,236	26	41,2

Avec l'*Opuntia dejecta* :

Jeune raquette.	15°	23,0
Grande —	15°	17,4

Des résultats identiques m'ont été donnés par l'étude de la respiration des feuilles.

Le 17 mai 1890, j'ai soumis à l'obscurité dans les mêmes conditions, à la température de 20°, les diverses feuilles d'une même tige de *Sedum dendroideum*. Les feuilles sont désignées ci-après par leurs numéros d'ordre à partir du bourgeon terminal :

Feuilles.	Poids frais. gr.	Vol. d'O absorbés par 1 gr. de poids frais en 1 h. : mill. cub.
1	0,044	166,8
3	0,230	101,3
5	0,557	60,1
8	1,127	51,4
11	1,200	46,65

Les résultats d'une deuxième expérience faite encore avec les feuilles de *Sedum dendroideum*, le 22 mai 1890, sont les suivants :

Numéros d'ordre des feuilles.	Poids frais. gr.	Vol. d'O absorbés par 1 gr. de poids frais en 1 h. : mill. cub.
Bourgeon terminal.	0,0243	219,1
2	0,2225	92,7
4	0,5305	64,3
7	1,0905	46,9
10	1,1525	43,0

Avec le *Crassula arborescens*, dans une expérience qui a duré vingt-quatre heures, du 13 au 14 mai 1890, j'ai obtenu :

		oxygène absorbé :
	gr.	mill. cub.
Bourgeon terminal.	0,095	71,7
1er verticille	0,613	39,3
2e —	1,505	26,6
3e —	2,661	11,5

De tous ces nombres il résulte que :

L'intensité respiratoire d'une même espèce végétale grasse est plus grande chez les individus jeunes que chez les adultes, à température égale.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

D'ANATOMIE VÉGÉTALE

PARUS DE JUILLET 1890 A DÉCEMBRE 1891 (*Fin*).

Graminées. — On sait que d'après Duval-Jouve les faisceaux libéro-ligneux de la feuille sont, dans toutes les Graminées, protégés par une gaine scléreuse. M. S. SCHWENDENER (1) n'a pas trouvé de gaine dans les Maydées, les Andropogonées et dans une partie des Panicées ; l'inconstance de cette formation dans cette dernière tribu ne lui paraît d'ailleurs pas de nature à en déterminer la subdivision ou le démembrement. A cause de la structure de sa gaine, le *Beckmannia erucæformis* doit être, d'après l'auteur, séparé des Panicées et rangé parmi les Chloridées. Pour la même raison les *Molinia* et les *Calamagrostis* doivent quitter les Arundinées et se placer, les premiers dans les Festucacées, les seconds dans les Agrostidées. Lorsque nous aurons ajouté que la gaine des Bambusées est caractéristique, nous aurons ainsi signalé tous les caractères généraux que la structure du tissu mécanique de la feuille est susceptible, d'après l'auteur, de fournir à la systématique des Graminées. Contrairement à l'opinion de Duval-Jouve, M. Schwendener n'admet pas que l'influence du milieu puisse seule expliquer les diverses particularités de structure de l'appareil mécanique de la feuille des Graminées.

Si les caractères anatomiques ne peuvent seuls servir de base à un groupement primordial des divers genres de Graminées, il résulte cependant des recherches de M. TH. HOLM (2) qu'ils peuvent fournir les éléments d'une diagnose suffisamment précise des diverses espèces de certains genres. C'est ainsi que l'auteur, en s'appuyant sur des caractères tirés de la structure des cellules épidermiques, de la répartition des stomates, de la structure du mésophylle, de la structure et de la disposition des faisceaux libéro-ligneux et du stéréome, est parvenu à distinguer assez nettement les unes des autres les diverses espèces américaines des genres *Uniola*. *Distichlis* et *Pleuropogon*.

Cypéracées. — Il résulte des observations de M. BORDET (3) que l'anatomie ne saurait être d'un secours bien appréciable pour la détermination des espèces du genre *Carex*.

(1) S. Schwendener : *Die Mestomscheiden der Gramineenblätter* (Sitzungsberichte der königl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1890, Heft 4, p. 247-268).

(2) Th. Holm : *A study of some anatomical characters of North American Gramine* (Botanical Gazette. August and October, 1891).

(3) Bordet : *Recherches anatomiques sur le genre Carex* (Revue générale de Botanique, vol. III, n° 26, p. 57-69, avec fig., 1891).

3° — *Gymnospermes.*

Conifères. — Malgré des travaux nombreux, certains points de détails de l'anatomie des Conifères sont encore à fixer et les affinités de divers genres sont encore incertaines. M. Ph. Van Tieghem (1) vient de publier une série de notes dans le but d'éclairer quelques-unes de ces questions. Contrairement à une opinion précédemment émise, M. Van Tieghem admet que la racine des Pins a des faisceaux libéro-ligneux de forme normale vis-à-vis desquels l'assise profonde du péricycle produit un canal sécréteur. Dès que ce canal est différencié, ce qui a lieu de très bonne heure, il se montre flanqué latéralement de deux lames vasculaires, issues comme lui du péricycle et que le faisceau vient plus tard réunir en gouttière vers l'intérieur. Ces lames vasculaires surajoutées serviraient en particulier à l'insertion des radicelles. D'après M. Van Tieghem, la région non caractérisée de la tige des Pins n'a que des canaux sécréteurs péricycliques superposés aux faisceaux réparateurs et les feuilles de cette région n'ont que des canaux sécréteurs corticaux ; la région caractérisée de la tige se comporte quelquefois de la même manière, mais le plus souvent elle acquiert des canaux sécréteurs dans le bois primaire de ses faisceaux réparateurs ; dans ce cas, les rameaux courts et leurs feuilles vertes peuvent quelquefois acquérir aussi des canaux sécréteurs (*Pinus Pinaster*, etc.). Par la disposition de leur appareil sécréteur, les *Pinus* se rapprochent surtout des *Picea*.

M. Van Tieghem propose, d'autre part, de détacher des *Podocarpus*, la section *Stachycarpus* d'Endlicher et d'en faire un genre spécial comprenant (outre les *St. andina*, *St. spicata* et *St. taxifolia* qui constituent actuellement la section *Stachycarpus*) très probablement le *Podocarpus ferruginea* et peut-être le *P. nivalis*. Le genre *Stachycarpus* serait défini par ses pédicelles fructifères grêles et ligneux et le genre *Podocarpus* par ses pédicelles renflés et charnus. En outre, les *Stachycarpus* présentent seuls dans leurs racines des canaux sécréteurs péricycliques. M. Van Tieghem estime qu'il est particulièrement avantageux de placer les *Stachycarpus* et les *Podocarpus* dans les Abiétinées, à la suite des *Araucaria* et des *Dammara*, ce groupement permettant de définir les Abiétinées par l'ovule renversé et les Taxinées par l'ovule dressé.

D'après M. Van Tieghem, les *Cephalotaxus* possèdent un canal sécréteur dans l'axe de leur tige et de leur feuille; le *Ginkgo* étant le seul genre de Conifères qui, en dehors du *Cephalotaxus*, présente des canaux sécréteurs médullaires et ces deux genres se rapprochant en outre par un certain nombre de caractères morphologiques, M. Van Tieghem propose de ranger les *Cephalotaxus* dans la tribu des Taxées à côté des *Ginkgo*, conformément à l'opinion d'Endlicher et Eichler.

(1) Ph. Van Tieghem : *Sur la structure primaire et les affinités des Pins* (Journal de Botanique, 1891, nos 16-17;) — *Structure et affinités des Stachycarpus, genre nouveau de la famille des Conifères* (Bulletin de la Société Botanique de France, (t. XXXVIII, fasc. 3, p. 162-176, 1891); — *Structure et affinités des Cephalotaxus* (Ibid., p. 184-190).

D'après M. R. Pirotta (1), le *Keteleeria Fortunei* présente, entre autres particularités de structure, celle que, dans la racine, les organes sécréteurs, canaux résineux et cellules à mucilages, s'observent dans les formations secondaires, bois et écorce, tandis que la tige n'en renferme que dans ses tissus primaires.

Cycadées. — M. de Solms-Laubach (2) apporte un certain nombre de contributions à la connaissance de la structure et de la croissance des Cycadées. C'est ainsi qu'il a étudié successivement la marche de la croissance dans la tige des *Stangeria* et des autres Cycadées, et en outre l'anatomie détaillée de la tige du *Stangeria paradoxa*, la marche des faisceaux dans l'inflorescence des Cycadées et la formation du liège dans diverses espèces de ce groupe. D'après ce botaniste, la formation du liège peut se rapporter à trois types. Dans les espèces qui perdent de bonne heure leurs feuilles, le liège apparaît tout d'abord à la base des feuilles, dont il détermine la chute, et s'étend ensuite graduellement aux autres parties de l'écorce; dans les espèces dont les feuilles vivent longtemps, du liège se forme dans le pétiole dont la base encore vivante reste en place, mais, en outre, du liège se forme aussi au-dessous de l'épiderme des écailles du tronc et peu à peu s'étend aux parties de l'écorce non occupées par la base des feuilles; enfin dans le troisième type, l'évolution du périderme, tout d'abord semblable à la précédente, se complète par la formation de liège au pied des bases encore persistantes des pétioles, lesquelles ne tardent pas à périr.

4° — *Cryptogames vasculaires.*

Lycopodiacées. — Contrairement à l'opinion de M. E. Bertrand, M. Dangeard (3) admet, avec Russow, de Bary, etc., que, sauf l'orientation verticale du limbe, les *Tmesipteris* ont la constitution générale des autres plantes, et que par suite il ne faut pas y voir de fasciations, de cladodes, de sympodes de cladodes. M. Dangeard caractérise les diverses dispositions du système libéro-ligneux des *Tmesipteris* en disant que ce sont des plantes monostéliques à stèle binaire (deux faisceaux) ou composée (plus de deux faisceaux) avec moelle ou sans moelle. Le faisceau des *Tmesipteris* comme celui des Sélaginelles comprend du protoxylème (f. foliaires) auquel vient s'ajouter plus tard du métaxylème (f. caulinaires), mais le métaxylème au lieu de se différencier d'un seul côté se développe tout autour. L'anatomie a permis à M. Dangeard de distinguer les unes des autres les diverses espèces du genre *Tmesipteris* et d'en créer de nouvelles qui, d'après ce botaniste, ont été jusqu'ici méconnues.

Équisétacées. — On sait que M. Pfitzer a le premier reconnu l'endoderme dans la tige des Prêles et qu'il en a décrit les diverses dispositions dans la

(1) R. Pirotta : *Sulla struttura anatomica della Keteleeria Fortunei* (Annuario del R. Istituto botanico di Roma, vol. IV, p. 200-203).

(2) H. Graf zu Solms-Laubach : *Die Soprossfolge der Stangeria und der übrigen Cycadeen* (Botanische Zeitung, 1890, nos 12-15).

(3) *Mémoire sur l'Anatomie et la Morphologie des Tmesipteris* (Le Botaniste, 2e sér., 4e et 5e fasc., p. 163-222, 3 pl., 1891).

tige des Prêles d'Allemagne. M. Ph. Van Tieghem (1), reprenant cette étude et l'étendant à 23 des 25 espèces de Prêles admises par M. Milde, résume comme il suit les résultats de ses observations et de celles de M. Pfitzer :

1° Endodermes particuliers dans le rhizome et dans la tige aérienne (*Equisetum limosum*, *E. littorale*, *E. giganteum*, *E. pyramidale*, *E. debile*, *E. xylochætum*, *E. Martii*) ;

2° Endodermes particuliers dans le rhizome, deux endodermes généraux dans la tige aérienne (*E. hiemale*, *E. trachyodon*, *E. ramosissimum*, *E. myriochætum*, *E. robustum*, *E. lævigatum*, *E. Schaffneri*) ;

3° Deux endodermes généraux dans le rhizome et dans la tige aérienne (*E. variegatum*) ;

4° Deux endodermes généraux dans le rhizome, un endoderme général externe dans la tige aérienne (*E. silvaticum*).

5° Un endoderme général externe dans le rhizome et dans la tige aérienne (*E. arvense*, *E. Telmateia*, *E. pratense*, *E. palustre*, *E. scirpoides*, *E. bogotense*, *E. diffusum*).

Dans ces cinq dispositions, le péricycle accompagne l'endoderme.

D'autre part, en s'appuyant sur l'ensemble de la structure anatomique, M. Van Tieghem propose un second groupement dont voici les éléments : 1° tige astélique dialydesme dans toutes ses parties ; 2° tige astélique dialydesme dans le rhizome, gamodesme dans les branches aériennes ; 3° tige astélique gamodesme dans toutes ses parties. Les deux premières divisions de ce groupement correspondent respectivement à la première et à la deuxième division du premier groupement et la troisième à l'ensemble des trois autres.

Fougères. — De nouvelles observations sur l'anatomie de la tige des Ophioglossées, M. Ph. Van Tieghem (2) conclut que la structure de la tige de ces plantes est dans toutes les espèces monostélique au-dessous de la première feuille, astélique au-dessus ; l'astélie étant tantôt dialydesme (*Ophioglossum*), tantôt gamodesme (*Botrychium*, *Helminthostachys*). D'après M. Van Tieghem, cette structure éloignerait les Ophioglossées des Filicinées et les rapprocherait au contraire des Équisétacées.

Contrairement à l'opinion de De Bary et de MM. Thomæ et Strasbürger, M. G. Poirault (3) admet que le faisceau du pétiole des Osmondes n'est pas collatéral et présente la même structure que chez les autres Fougères.

On sait que les Hyménophyllacées sont cantonnées dans les humides et épaisses forêts des régions tropicales et subtropicales et qu'elles vivent soit sur le sol, soit sur le tronc ou les branches des arbres ou sur les rochers humides des montagnes. D'après M. C. Giesenhagen (4), cet habitat si varié et la plasticité de ces plantes vis-à-vis des conditions extérieures sont susceptibles de déterminer dans les individus d'une même espèce développés

(1) Ph. Van Tieghem : *Remarques sur la structure de la tige des Prêles* (Journal de Botanique, 1890, n° 21, p. 365-373).

(2) Ph. Van Tieghem : *Remarques sur la structure de la tige des Ophioglossées* (Ibid., 1890, n° 23, p. 405-410).

(3) G. Poirault : *Sur la structure du pétiole des Osmundacées* (Ibid., 1891, n° 20, p. 355).

(4) C. Giesenhagen : *Die Hymenophyllaceen* (Flora, 1890, Heft V, p. 411-464)

dans des stations différentes, des différences telles qu'on pourrait les considérer comme appartenant à des espèces différentes si l'on n'avait à sa disposition de nombreux termes de comparaison. On s'explique par là la confusion qui règne dans la systématique de ces plantes. M. Giesenhagen ayant pu consulter plusieurs collections très importantes, a pu, dans la nouvelle classification qu'il propose, rectifier un certain nombre d'erreurs commises par ses devanciers.

Muscinées. — M. L. Kny (1) a consacré 7 planches de sa 8e série de planches murales et 37 pages du texte qui l'accompagne à la représentation et à la description de la structure et du développement du *Marchantia polymorpha* L. Les figures sont suffisamment nombreuses et claires et le texte n'est pas une simple explication des planches, mais un résumé de toutes nos connaissances sur la question ; l'ensemble constitue une véritable monographie de cette intéressante espèce.

TÉRATOLOGIE

L'étude approfondie d'une anomalie donnée nécessite tout d'abord l'examen d'un grand nombre d'individus, car cette anomalie peut se présenter à des degrés divers de développement lesquels sont susceptibles de s'éclairer les uns par les autres; en outre elle nécessite autant que cela se peut l'intervention de la méthode expérimentale. L'étude ainsi comprise d'une monstruosité constitue ce qu'on peut appeler une monographie tératologique. Le volumineux mémoire que M. H. de Vries (2) vient de consacrer aux phénomènes de torsion représente un travail de cette nature. M. de Vries prend d'abord le mot « torsion », dans le sens de Braun (*Zwangsdrehung*), c'est-à-dire qu'il considère spécialement le cas où par suite de la torsion de l'axe, des feuilles opposées deviennent spiralées. Ses observations sur une race de *Dipsacus sylvestris* à tiges et à feuilles tordues (*D. silvestris torsus* H. de Vries) qu'il est parvenu à fixer sont particulièrement complètes. D'après Braun, la torsion des tiges à feuilles opposées est déterminée par une déviation en spirale des bases des feuilles. M. de Vries précisant les idées de Braun démontre expérimentalement que la torsion est déterminée par la déviation en spirale des faisceaux qui se rendent aux feuilles. L'auteur passe ensuite à l'examen détaillé des divers types de torsion qu'il croit pouvoir distinguer d'après les cas particuliers signalés par les auteurs, ou rencontrés par lui-même. Généralisant les observations précédentes, M. de Vries étudie ensuite la torsion dans les tiges à feuilles éparses et dans les tiges nues, dans les feuilles et les pétioles, et en outre l'enroulement en spirale des tiges et des racines. En somme, le mémoire de M. de Vries en dehors des faits nouveaux qu'il contient, par la richesse de la bibliographie et un groupement heureux des faits, résume d'une façon

(1) L. Kny : *Bau und Entwickelung von Marchantia polymorpha* (Sonderabdruck aus dem Text der VIII Abtheilung der « Botanischen Wandtafeln », Berlin, Paul Parey, 1890).

(2) Hugo de Vries : *Monographie der Zwangsdrehungen* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1891, p. 13-206).

complète et satisfaisante nos connaissances sur les phénomènes de torsion.

De nombreuses observations ont montré que l'existence de certains organes qui servent de support à d'autres organes est en quelque sorte sous la dépendance de ces derniers. C'est ainsi que le pétiole d'une feuille meurt lorsqu'on enlève le limbe; il en est de même d'une axe d'inflorescence privé de ses fleurs, d'un rameau dépouillé de ses feuilles. Cette dépendance entre la fonction d'un organe de support et la durée de sa vie vient d'être étudiée par M. Hugo de Vries (1) à un point de vue nouveau. Ce botaniste en effet a réuni un certain nombre de faits qui montrent qu'une prolongation anormale de la fonction d'un organe peut déterminer une prolongation de sa vie et en outre un accroissement de sa masse. Il n'est pas rare de voir certains pédoncules de *Pelargonium zonale* porter un bourgeon feuillé au lieu d'un bourgeon floral. L'auteur a vu un de ces bourgeons se développer après la chute des fleurs de l'inflorescence en un rameau feuillé ramifié dont il a observé la croissance pendant trois ans. Après ce temps, l'axe de l'inflorescence, très accru, montrait la même structure qu'un rameau ordinaire de même âge. Du liège s'était développé dans son écorce, ce qui n'arrive jamais dans les axes d'inflorescence normaux. Comme deuxième exemple, l'auteur cite des tubercules de Pomme de terre qui, au lieu de périr comme cela arrive normalement l'année même de leur mise en terre après emploi de leurs réserves au développement de rameaux aériens, avaient vécu deux ans. Les rameaux souterrains, au lieu de naître de la base des rameaux aériens comme cela arrive d'ordinaire provenaient de certains yeux des vieux tubercules; il en résultait que ceux-ci servaient de passage aux matières nutritives qui se rendaient des rameaux aériens aux souterrains; dès lors ils avaient survécu partiellement; le bois de la portion demeurée vivante s'était considérablement développé et du liège secondaire avait apparu entre la partie vivante et la partie morte. Par suite de l'abondance des matières nutritives qu'elles attirent, les galles déterminent ordinairement une plus forte croissance des parties voisines et souvent une prolongation de leur vie. Des faits précédents et de quelques autres et en outre de cette circonstance que par un accroissement de durée de la fonction des organes de support, l'anneau libéro-ligneux s'accroît dans de fortes proportions, l'auteur croit pouvoir conclure que le cambium est inapte à tirer les matériaux nécessaires à sa croissance des parties éloignées de la plante, et qu'il les emprunte simplement aux parties voisines, bois, liber, parenchyme. Lorsque par formation d'organes durables un courant de matières nutritives se produit vers ces tissus, le cambium lui-même peut entrer en activité et s'accroître. Il paraît résulter en outre de ces diverses observations que certaines parties des plantes possèdent des propriétés qui dans le cours normal de leur développement ne sont pas mises en jeu. Il faut que des circonstances anormales interviennent pour que de telles propriétés en quelque sorte latentes puissent devenir apparentes.

On sait que dans la marche normale de leur végétation, les bulbes produisent

(1) Hugo de Vries : *Ueber abnormale Entstehung secundarer Gewebe* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXII, p. 35-7?, 1890).

en plus ou moins grand nombre des caïeux naissant à l'aisselle des écailles ou tuniques du bulbe-mère; toutefois dans des cas rares, on peut voir des caïeux apparaître à la surface même des écailles, provenant des nervures de leur face interne. M. P. Duchartre (1) qui a, depuis longtemps déjà, appelé l'attention sur ce phénomène qu'il a signalé dans le *Lilium pardalinum* Kellogg et en outre dans le *Lilium Thomsonianum* Lind., où ces formations apparaissent d'une façon régulière, a eu l'occasion d'observer de semblables productions dans le *Lilium auratum*. Dans cette dernière plante, une écaille ne portait pas moins de douze caïeux épars sur sa face interne et nés soit de la nervure médiane, soit des latérales. Le développement de ces caïeux était d'autant plus considérable qu'ils étaient plus rapprochés de la base de l'écaille mère.

M. Büsgen (2) a trouvé des feuilles anormales de *Marsilia hirsuta* R. Br. présentant tous les passages entre des feuilles ordinaires et les sporocarpes normaux de cette plante. Cette observation présente un intérêt particulier, car elle semble lever les derniers doutes que l'on pouvait avoir sur l'origine morphologique du sporocarpe des Marsiliacées.

On sait que la pression exagérée de l'eau dans les divers tissus d'une plante est regardée comme une des causes qui peuvent déterminer la production de monstruosités dans les organes végétatifs. M. W. Jännicke (3) attribue à cette cause les anomalies variées intéressant surtout la structure des feuilles et leur disposition sur la tige qu'il a observées sur des *Weigelia* du Jardin botanique de Frankfort, placés dans un endroit humide et peu éclairé et dont la croissance retardée jusqu'en mai par les froids persistants de l'hiver, se fit ensuite avec une extrême rapidité. D'autres pieds de *Weigelia* placés à un endroit du jardin plus sec et bien éclairé n'ont pas présenté d'anomalies.

Certaines anomalies, au contraire, paraissent résulter de conditions de nutrition insuffisantes. C'est ainsi que M. Fr. Buchenau (4) a vu un Charme prendre d'abord des feuilles plus petites lobées, et par une amélioration dans les conditions nutritives reprendre ensuite peu à peu des feuilles de dimension et de forme normales. M. F. Hildebrand (5) a vu aussi des feuilles de *Rhamus Frangula*, de *Juglans regia* et d'*Hepatica triloba* devenir lobées et cette monstruosité persiste depuis plusieurs années. Il serait intéressant de savoir si un changement dans les conditions nutritives de ces plantes ne la ferait pas disparaître.

M. W. Jännicke (6) décrit diverses formes anormales de feuilles de Vigne,

(1) P. Duchartre : *Sur la production de caïeux épiphylles chez le Lilium auratum* (Bulletin de la Société Botan. de France, t, XXXVII, fasc. 5, p. 234-236, 1890).

(2) M. Büsgen : *Untersüchungen über normale und abnorme Marsilienfrüchte* (Flora, 1890, Heft 2, p. 169-182).

(3) W. Jännicke : *Bildungsabweichungen an Weigelien* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. IX, Heft 8, p. 266-269).

(4) Fr. Buchenau : *Ueber einen Fall der Entstehung der eichenblätterigen Form der Hainbuche* (*Carpinus Betulus* L.) (Botanische Zeitung, 1891, col. 98-103).

(5) Fr. Hildebrand : *Ueber einige plötzliche Umänderungen an Pflanzen* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. IX, Heft 7, p, 214-217, 1891).

(6) W. Jännicke : *Ueber abnorm ausgebildete Rebenblätter* (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 4, p. 145-147, 1 pl., 1890).

dont l'une en entonnoir, l'autre à pétiole central, dont le limbe paraît résulter de la fusion de deux limbes différents, etc.

M. W. Rüssell (1) a observé la transformation de feuilles de *Vicia sepium* en ascidies sous l'influence de la piqûre d'un insecte. Il décrit en outre deux ascidies de Choux dont l'une épiphylle.

M. E. Lœw (2) a observé et décrit la transformation de bourgeons feuillés de Gui en bourgeons floraux.

M. P. Duchartre (3) a eu à sa disposition des fleurs de deux espèces d'Orchidées, *Cattleya Lawrenceana* Hort et *C. speciosissima* présentant entre autres monstruosités, la soudure des pétales par le bord inférieur de chacun d'eux à la colonne ou gynostème qui, par suite, se montrait dans toute sa longueur plus ou moins largement bordée et le plus souvent à ses deux côtés, d'une aile pétaloïde aussi vivement colorée que le sont les pétales normaux de l'espèce. Cette adhésion s'était compliquée d'une particularité intéressante. Au-dessus de sa portion adhérente, le bord inférieur de chaque pétale s'était toujours notablement épaissi; dans cette portion épaissie et en majeure partie blanchâtre, il existait à 5 ou 6 millimètres du sommet de la colonne un renflement oblong et long de 2 à 3 millimètres de couleur jaune, lequel dans trois fleurs de *Cattleya Lawrenceana* constituait une véritable loge d'anthère renfermant une assez forte masse de pollen, bien que les quatre pollinies caractéristiques des *Cattleya* existassent dans l'anthère normale. Les pétales étaient non seulement devenus adhérents, mais encore anthérifères.

M. A.-G. Garcin (4) a observé dans des fleurs de *Lonicera periclymenum* une série d'anomalies qui lui paraissent de nature à justifier l'hypothèse que les fleurs zygomorphes dérivent d'un type ancestral régulier.

M. Stenzel (5) décrit des fleurs doubles d'Orchidées et des fruits anormaux de divers Érables.

M. D. Clos (6) rappelle les principes de la Tératologie végétale et fait connaître quelques-uns des résultats généraux qui découlent de leur application.

Les faits tératologiques signalés par les auteurs sont aujourd'hui si nombreux qu'un ouvrage résumant tous ces faits et les rapprochant les uns des autres par famille, genre, espèce, doit rendre des services considérables.

(1) W. Rüssell : *Étude des folioles anormales du Vicia sepium* (Revue générale de Botanique, vol. II, n° 23, p. 481-489, avec fig., 1890); — *Étude anatomique d'une ascidie de Chou* (Ibid., vol. III, n° 25, p. 33-42, avec fig., 1891); — *Étude anatomique d'une ascidie épiphylle du Chou* (Ibid., vol. III, n° 32, p. 337-340, avec fig., 1891).

(2) E. Lœw : *Ueber die Metamorphose vegetativer Sprossanlagen in Blüthen bei Viscum album* (Botanische Zeitung, 1890, col. 565-573).

(3) P. Duchartre : *Fleurs monstrueuses de Cattleya* (Bulletin de la Société Botan. de France, t. XXXVII, fasc. 3, p. 150-153, 1890).

(4) A.-G. Garcin : *Sur une série d'anomalies du Lonicera periclymenum* (Extrait du Bulletin de la Soc. Botan. de Lyon, 3 p., 1889).

(5) Stenzel : *Aus dem Jahresberichte der Schlesische Gesellchaft für vaterländische Cultur*, 1890, p. 17 et p. 26.

(6) D. Clos : *La Tératologie végétale et ses principes* (Bulletin de l'Acad. des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse, 1891).

M. O. Penzig (1) vient d'entreprendre la publication d'un travail de cette nature. Après une courte explication des expressions les plus fréquemment employées en tératologie, l'auteur consacre 166 pages à l'indication de tous les travaux de tératologie végétale parus depuis les temps les plus reculés jusqu'en 1888. Ces travaux sont évidemment de valeur fort inégale et nous aurions désiré qu'un peu de critique accompagnât cette énumération. Vient ensuite la partie la plus importante de l'ouvrage, c'est le dénombrement systématique des anomalies morphologiques observées dans les diverses familles, genres, espèces de Dialypétales. Pour chaque famille, l'auteur donne un aperçu général des malformations signalées dans l'ensemble de la famille, puis il passe à l'examen détaillé de ces malformations dans les tribus, genres, espèces dont elle se compose. Le rapprochement de tous ces faits montre d'abord que certaines anomalies sont répandues dans toutes les familles, tandis que d'autres se rencontrent dans un nombre de familles plus ou moins restreint. Le livre de M. Penzig facilitera les recherches bibliographiques et diminuera sans doute les répétitions inutiles de descriptions de cas tératologiques déjà connus.

DIVERS.

On sait que les hybrides présentent en général des caractères morphologiques les rattachant à leurs parents. Des observations de M. Brandza (2), sur les caractères anatomiques de divers hybrides, il résulte que certains peuvent présenter dans leur structure une sorte de juxtaposition des caractères de leurs parents, d'autres ont une structure intermédiaire entre celle des parents ; enfin dans un troisième cas, certains organes présentent une structure intermédiaire, tandis que d'autres montrent une juxtaposition des caractères des parents.

M. Daniel (3) a greffé sur racines et sur tubercules des plantes appartenant à des familles même très éloignées. La soudure des parties n'a pas toujours eu lieu, mais, en général, le greffon a survécu. Dans la plupart des cas, d'ailleurs, le greffon périt si l'on supprime les racines adventives qu'il a développées. L'auteur a en outre constaté que la greffe peut réussir sans que les assises génératrices soient en contact. On conçoit que ces greffes réussissent d'autant mieux qu'elles se font entre espèces plus voisines.

On sait que si un organe est divisé en deux parties ou séparé d'une plante par une section faite à l'aide d'un instrument tranchant, les parties séparées peuvent se souder si on applique les sections exactement l'une contre l'autre, et si l'on prend des précautions pour éviter la dessiccation des

(1) O. Penzig : *Pflanzen-Teratologie, systematisch geordnet*, Bd. I, Dictotyledones-Polypetalae, Gênes, 1890.

(2) M. Brandza : *Recherches anatomiques sur la structure de l'hybride entre l'Æsculus rubicunda et le Pavia flava* (Revue générale de Botanique, vol. II, nº 19, avec fig., 1890) ; — *Recherches anatomiques sur les hybrides* (Ibid., nos 22 et 23, avec fig., 1890).

(3) C. Daniel : *Sur la greffe des parties souterraines des plantes* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CXIII, 405).

parties en contact. M. W. Figdor (1) a étudié les conditions anatomiques et physiologiques de cette soudure. Ses expériences ont porté sur des racines (Carotte, Rave, etc.), des tubercules (Pomme de terre, Topinambour, etc.), des rhizomes (Iris). Après rapprochement des sections, les bords de la blessure étaient enduits de mastic à greffer pour éviter l'évaporation ; les organes en expérience étaient placés ensuite dans de la terre ou du sable humide. D'après l'auteur la soudure étant toujours le résultat de la formation de nouveaux éléments anatomiques intercalés entre les surfaces en contact, ces surfaces doivent être séparées par un petit espace afin que le nouveau tissu puisse se former. Cependant au commencement une certaine pression paraît favorable à la soudure. Un minimum de transpiration ne doit pas être dépassé. Relativement à l'aptitude des parties en contact à se souder, l'auteur distingue quatre cas : Dans le premier il y a soudure durable (Rave, *Cyclamen*); dans le second il y a d'abord soudure simple, puis formation de liège de part et d'autre du tissu cicatriciel (Pomme de terre) ; dans le troisième cas, l'union des parties en contact se fait partiellement par l'intermédiaire d'un nouveau tissu prenant naissance dans le cambium, partiellement par l'intermédiaire d'une matière gommeuse (Carotte, Betterave, Dalhia, Topinambour); enfin dans un quatrième cas, il n'y a jamais eu soudure (Iris).

A la suite de voyages dans diverses régions montagneuses de l'Europe, M. G. Bonnier avait pu constater, en comparant des échantillons de la même plante cueillis à diverses altitudes, que le climat alpin semble exercer sur les plantes une influence marquée. Désireux de rechercher, par l'emploi de la méthode expérimentale, la valeur et l'étendue de cette influence, M. G. Bonnier (2) a entrepris à la fois dans les Alpes et dans les Pyrénées des séries de cultures faites à des altitudes différentes. M. Bonnier s'est entouré des précautions les plus minutieuses pour éliminer les influences autres que celles du climat ; c'est ainsi, par exemple, que pour une espèce donnée, le plant cultivé à une haute altitude et à la station la plus basse provenaient du même pied, qui avait été divisé en deux; lorsque des semis ont été faits, les grains provenaient de la même plante. En outre, M. Bonnier a considéré avec raison que les espèces les plus favorables à ces recherches étaient celles qui croissent spontanément aux diverses altitudes et en particulier dans les régions avoisinant immédiatement les cultures. Enfin, les comparaisons n'ont été faites qu'entre plants entièrement acclimatés. Les tableaux résumant les observations de M. Bonnier font voir que les espèces sont très inégalement modifiées par les changements de climats. Tandis que le *Thymus serpyllum* ou le *Chenopodium Bonus-Henricus* par exemple sont à peine modifiés par le climat alpin, le *Lotus corniculatus* et le *Brunella vulgaris* subissent des changements considérables. Ils montrent également que certains caractères varient d'abord dans un sens, à mesure que l'altitude

(1) W. Figdor : *Experimentelle und histologische Studien über die Erscheinung der Verwachsung im Pflanzenreiche* (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien., Bd. C, Heft 4, p. 177-200, 1891).

(2) G. Bonnier : *Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées* (Revue générale de Botanique, vol. II, n° 24, p. 513-546, avec fig., 1890).

augmente, puis en sens contraire; tels sont la couleur des fleurs ou l'intensité de la teinte verte des feuilles. Une même espèce peut donc présenter pour certains caractères un optimum d'altitude qui correspond au maximum des variations de ces caractères. D'autres caractères, au contraire, semblent varier dans le même sens jusqu'à la limite de la végétation phanérogamique. D'une manière générale, on observe le plus souvent que le plant de la station supérieure présente : 1° une taille plus petite ; 2° des entre-nœuds plus courts; 3° un développement relatif plus considérable des parties souterraines ; 4° des feuilles plus petites; 5° des feuilles plus épaisses relativement à leur surface et souvent même plus épaisses en valeur absolue ; 6° une teinte plus verte des feuilles; 7° une coloration plus vive des fleurs.

On sait que les individus appartenant à une même espèce peuvent présenter sous l'influence du climat ou de la culture des variations dans la durée de leur existence. Irmisch et Hildebrand ont cité un certain nombre d'exemples de plantes normalement annuelles devenues bisannuelles ou vivaces dont la végétation s'achevait la première année. M. G. Bonnier a montré d'autre part que le climat alpin détermine fréquemment un accroissement dans la durée des individus appartenant à certaines espèces. M. Th. Holm (1) apporte dans le même ordre d'idée un certain nombre de faits nouveaux. L'*Hypericum nudicaule* Walt., le *Delphinium consolida* L., le *Cyperus flavescens* L., le *Carex cyperoïdes* L. et le *Tragus racemosus* Hall qui, en Europe, sont des espèces annuelles, sont vivaces aux États-Unis et en particulier dans les environs de Washington. L'*Arabis dentata* Tarr. et Gr. qui est typiquement bisannuel, l'*Arabis Cyrata* L. qui est normalement annuel ou bisannuel lui ont présenté des individus vivaces et, au contraire l'*Arabis lævigata* Porr. signalé comme vivace par Hildebrand n'est pas rare sous la forme bisannuelle autour de Washington.

Au cours d'un voyage à Java, M. A. F. W. Schimper (2) a eu l'occasion de faire d'intéressantes études de géographie botanique, desquelles il résulte entre autres faits qu'à Java, les plantes de rivages, les plantes alpines, les plantes des solfatares et les plantes épiphytes tout en étant très différentes au point de vue spécifique présentent ce caractère commun d'avoir une structure nettement xérophile. Chez les unes et les autres, les feuilles sont petites et épaisses, la cuticule forte, les stomates enfoncés dans des cryptes, les méats réduits, les poils plus abondants, des réserves acqueuses se constituent, etc. L'auteur conclut de ses observations que parmi les causes capables de déterminer le développement de ces divers moyens de défense contre l'insuffisance temporaire ou permanente de l'eau, il faut citer la sécheresse de l'atmosphère et du substratum, une forte insolation et la raréfaction de l'air, la richesse en sels ou une trop basse température du substratum. L'état de rabougrissement des plantes de solfatares et de rivages

(1) Th. Holm : *On the vitality of some annual plants* (from the American Journal of Science, vol. XLII, october, 1891).

(2) A. F. W. Schimper : *Ueber Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, besonders in der Flora Java's* (Mittheilungen aus den Sitzungsberichten der königl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1890, Heft VII, p. 633-650).

serait dû, d'après l'auteur, à la trop grande richesse en sels du substratum qui a pour résultat de réduire l'assimilation du carbone.

Le *Selaginella lepidophylla* est une plante qui croît sur les parois en pente des rochers dans diverses régions de l'Amérique tropicale ou subtropicale. D'après M. W. Wojinowic (1), quand l'eau manque, la plante enroule ses rameaux en un peloton brun, sec et fragile. Une averse vient-elle à tomber, elle déroule ses rameaux et végète pour reprendre l'état de vie latente lorsque le milieu ne lui fournit plus d'eau et que sa réserve est épuisée, ce qui peut arriver, d'après l'auteur, au bout d'un petit nombre d'heures. Dans les parties jeunes de la plante, l'auteur a vu les cellules imprégnées d'une matière colorante d'un rouge intense qui, d'après lui, les protégerait contre une trop forte insolation. Il a trouvé, en outre, dans les parties plus âgées une sorte d'huile grasse dont la présence expliquerait, d'après l'auteur, la résistance de la plante à la dessiccation. L'absence presque complète de cette substance dans les parties jeunes, lesquelles chez les autres plantes sont les mieux protégées par le contenu de leurs cellules contre la sécheresse, nous paraît peu favorable à cette hypothèse.

On sait qu'une même espèce peut présenter, suivant la station ou même dans une station donnée, des individus de taille très différente. M. P. Schumann (2), s'étant proposé de rechercher si les grands exemplaires représentent simplement un tableau agrandi des petits, a constaté qu'il n'en est presque jamais ainsi. La tige des grands individus présente chez les Monocotylédones un accroissement du tissu fondamental. Chez les Dicotylédones l'augmentation de diamètre est due uniquement dans la plupart des cas à l'accroissement de la moelle. Dans le *Datura Stramonium* et l'*Hyoscyamus niger*, l'auteur a observé en outre une multiplication du parenchyme intercalé parmi les vaisseaux primaires et dans le *Carum Carvi* l'apparition de faisceaux libéro-ligneux médullaires. L'accroissement de l'écorce est rare et il en est de même de celui du bois. Dans la racine, l'augmentation de diamètre des grands exemplaires porte au contraire presque exclusivement sur le bois, et dans une mesure moindre sur l'écorce.

M. A. Prunet (3), ayant eu l'occasion d'observer des tubercules de Pomme de terre traversés par des rhizomes de Chiendent, a constaté que le tubercule s'isole de la tige ou des racines de son hôte par une couche de liège, mais tandis que les tiges traversent complètement le tubercule, les racines nées de la portion de ces tiges emprisonnées dans le tubercule, arrivées à la partie inférieure du tubercule, au contact du tégument, se recourbent en général de façon à se mouler en quelque sorte sur le tégument et restent le plus souvent dans le tubercule. L'extrémité de la tige et celle des racines exercent seules une action dissolvante sur les tissus du tubercule. En somme, les

(1) P. Welislaw Wojinowic : *Beiträge zur Morphologie, Anatomie und Biologie der Selaginella lepidophylla* (Inaug.-Dissert., Breslau, 1890).

(2) P. Schumann : *Beiträge zur Kenntniss der Grenzen der Variation im Anatomischen Bau derselben Pflanzenart* (Botanisches Centralblatt, Bd. XLV, nos 12-13, et Bd. XLVI, nos 13).

(3) A. Prunet : *Sur la perforation des tubercules de pomme de terre par des rhizomes de Chiendent* (Revue générale de Botanique, vol. III, p. 166, avec fig., 1891).

tubercules sont pour les tiges et les racines non un milieu nutritif, mais un corps étranger qu'ils traversent en employant des moyens un peu spéciaux.

On sait que certaines plantes dites myrmécophiles présentent en particulier au voisinage de la fleur des nectaires fréquentés par des fourmis. La présence de ces animaux, d'après MM. Delpino, Belt, Beccari, Schimper, etc., aurait pour résultat d'éloigner des organes de reproduction ou des jeunes feuilles, les larves phytophages de beaucoup d'insectes. M. W. Burch (1) confirme les vues de ces divers auteurs, mais en outre s'attache à montrer que la présence de nectaires « extra-nuptiaux » sur la face externe du tube de la corolle de diverses espèces tropicales, au niveau des nectaires « intra-nuptiaux », empêche dans beaucoup de cas les bourdons et les abeilles de recueillir le nectar de ces derniers autrement que par les voies naturelles. L'auteur a en effet constaté qu'à Java les « vols de nectar » par l'intermédiaire d'orifices percés dans les enveloppes florales à la hauteur des nectaires « intra-nuptiaux » sont extrêmement fréquents et s'observent dans un grand nombre d'espèces. D'après l'auteur, les nectaires « intra-nuptiaux » du *Memecylon ramiflorum* hébergent une espèce de fourmi dont la présence éloigne une deuxième espèce de fourmi de taille plus petite, qui se nourrit normalement de jeunes fleurs et de jeunes feuilles. L'auteur signale en outre quelques cas de myrmécophilie ayant pour résultat, selon lui, de protéger les jeunes feuilles contre les larves phytophages (*Nepenthes, Trichosanthes tricuspidata*, *Smilax*).

En dehors d'une étude générale sur la mécaniqne de la dilatation, le nouveau mémoire de M. Steinbrinck (2) contient une discussion mathématique des changements de forme de nature hygroscopique soit des cellules, soit des tissus; l'auteur recherche en outre les relations qui existent entre les dilatations des membranes et les diverses hypothèses émises sur la constitution de la membrane cellulaire; la théorie des micelles de Nageli est l'objet de ses préférences. Le travail se termine par une partie spéciale consacrée surtout à la théorie des mouvements de torsion ou d'entortillement. Dans un autre Mémoire, M. Steinbrinck (3), cherchant dans l'anatomie la vérification de ses idées théoriques, étudie en particulier la déhiscence d'un certain nombre de fruits secs, d'anthères et de sporanges de Fougères. Ce dernier travail n'ajoute pas de faits bien nouveaux à ceux qui étaient déjà connus.

M. L. Claudel (4), recherchant la cause des mouvements hygroscopiques que présentent divers organes de l'*Astericus maritimus* Mœnch, du *Carlina acanthifolia* All., et de l'*Anastatica hierochuntica* Crantz, constate que dans ces plantes, ils s'expliquent à la lumière des deux principes suivants for-

(1) W. Burch : *Beiträge zur Kenntniss der Myrmecophilen Pflanzen und der Bedeutung der extranuptialen Nectarien* (Extrait des Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, vol. X, p. 75-144, 2 pl., 1891).

(2) C. Steinbrinck : *Zur Theorie der hygroskopischen Flächenquellung und schrumpfung vegetabilischer Membranen*, in-8, 128 p. avec pl., Bonn., 1890).

(3) C. Steinbrinck : *Ueber die anatomisch-physikalische Ursache der hygroskopischen Bewegungen pflanzicher Organe* (Flora, 1891, p. 193-219, avec pl.).

(4) L. Claudel : *Observations sur le mouvement de quelques plantes hygrométriques*, 10 p., 1 pl., Marseille.

mulés par M. Leclerc du Sablon : 1° les cellules ou les fibres se contractent d'autant plus sous l'influence de la dessiccation que leurs parois sont plus épaisses, toutes choses égales d'ailleurs; 2° les fibres les plus longues sont celles qui se contractent le moins dans le sens de la plus grande dimension.

Dans l'un des Mémoires précédemment signalés, M. W. Pfeffer (1), recherchant les causes des mouvements des étamines des Cynarées, admet que ces mouvements ne sauraient s'expliquer par des phénomènes d'imbibition ou d'élasticité des membranes, mais plutôt par l'exosmose de principes solubles, ou par la formation préalable de substances de plus faible pouvoir osmotique dans les cellules actives.

M. M. Hovelacque (2), ayant eu l'occasion d'examiner des fragments fossiles trouvés dans les dépôts aachéniens de Moresnet et considérés par M. G. Smets comme représentant, l'un une épine dermique, l'autre une mâchoire d'un Dinosaurien, l'*Aachenosaurus multidens* G. Smets, a constaté que ces deux échantillons sont des débris de végétaux; l'un d'eux est une portion de tige réduite à sa partie ligneuse et appartenant à un genre appelé par lui *Aachenoxylon* et qui parait se rapprocher de certaines Gamopétales; l'autre est un rameau pourvu de bois et de liber d'une Dicotylédone qu'il désigne sous le nom de *Nicolia Moresteni* et qui lui paraît se rapprocher surtout des Pipéracées et en particulier des Saururées.

A l'occasion de la création d'un Jardin botanique à la Faculté de Médecine de Lyon, M. G. Beauvisage (3) fait connaître les idées qui, d'après lui, devraient présider à la disposition des divers groupes de plantes dans un jardin de cette nature. La série linéaire rompt nécessairement les affinités; la disposition qui aurait ses préférences serait celle qui, utilisant les trois dimensions de l'espace, formerait une sorte d'arbre généalogique à rameaux anastomosés. Mais comme cette sorte de réseau dans l'espace lui semble d'une exécution difficile, il se contenterait d'un réseau-plan dans lequel les familles ou cohortes seraient représentées par des massifs distincts de forme quelconque, mais telle que chacun d'eux puisse avoir des relations de voisinage avec les massifs renfermant des familles voisines.

Signalons une étude critique des travaux les plus importants d'anatomie végétale parus depuis la publication de la *Vergleichende Anatomie* de de Bary, étude due à M. D. H. Scott (4) et dans laquelle sont en outre signalées les lacunes qui restent encore à combler malgré la masse considérable des matériaux accumulés depuis cette époque.

Signalons aussi une intéressante étude critique du récent ouvrage de

(1) W. Pfeffer : *Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen nebst Bemerkungen über den Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge* (Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, p. 187-344, 1890).

(2) M. Hovelacque : *Sur la nature végétale de l'Aachenosaurus multidens G. Smets* (Extrait du Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, t. IV, p. 59-72, 1 pl. et fig., 1890).

(3) Beauvisage : *Le Jardin botanique de la Faculté de médecine de Lyon*, in-8, 34 p. et 1 pl., Lyon. H. Georg.

(4) D. H. Scott : *On some recent progress in our knowledge of the anatomy of plants* (Annals of Botany, vol. IV, n° 13, p. 147-161).

M. H. de Vries : *Intracellular Pangenesis* (1), due à M. J.-W. Moll (2).

Des tubes criblés péri-médullaires n'ont été signalés jusqu'ici que dans un petit nombre de racines de plantes Dicotylédones. Aux exemples connus (3), il faut ajouter d'après MM. D.-H. Scott et G. Brebner (4) les racines des *Strichnos* et des *Chironia*. Chez les espèces où ce liber interne existe dans la tige et manque dans la racine, le liber interne de la tige passe, dans la région de l'hypocotyle, au liber externe de la racine. Les auteurs ont, en outre, étudié la structure et l'origine des îlots libériens enclavés dans le bois de la racine de diverses plantes. D'après eux, ces formations sont primaires et proviennent du conjonctif primaire, ou secondaires, et résultent de l'activité centrifuge du cambium, ou tertiaires, et tirent alors leur origine d'éléments cellulaires appartenant au bois secondaire. Ce dernier cas est propre aux racines charnues. Les auteurs examinent ensuite les anomalies que présente au point de vue de la structure anatomique la tige de diverses Apocynées, Asclépiadées, Gentianées, Plombaginées. La continuité du système libérien dans la tige et dans la racine, paraît à MM. Scott et Brebner un argument en faveur du rôle conducteur des tubes criblés, rôle nié dans ces derniers temps, comme on le sait, par MM. Frank et Blass.

M. G. Henslow (5) a étudié avec beaucoup de soin le système vasculaire des organes floraux. Il décrit successivement la répartition, l'arrangement et la marche des faisceaux dans les pédoncules, les pédicelles et les réceptacles floraux, spécialement dans leur passage du pédicelle au réceptacle et du réceptacle aux pièces florales. L'auteur fait en outre connaître les divers modes de séparation, de réunion, de réarrangement des faisceaux qu'il a observés dans les 61 espèces réparties dans 34 familles sur lesquelles ont porté ses investigations.

(1) H. de Vries : *Intercellular Pangenesis*, Iena, G. Fischer, 1889.

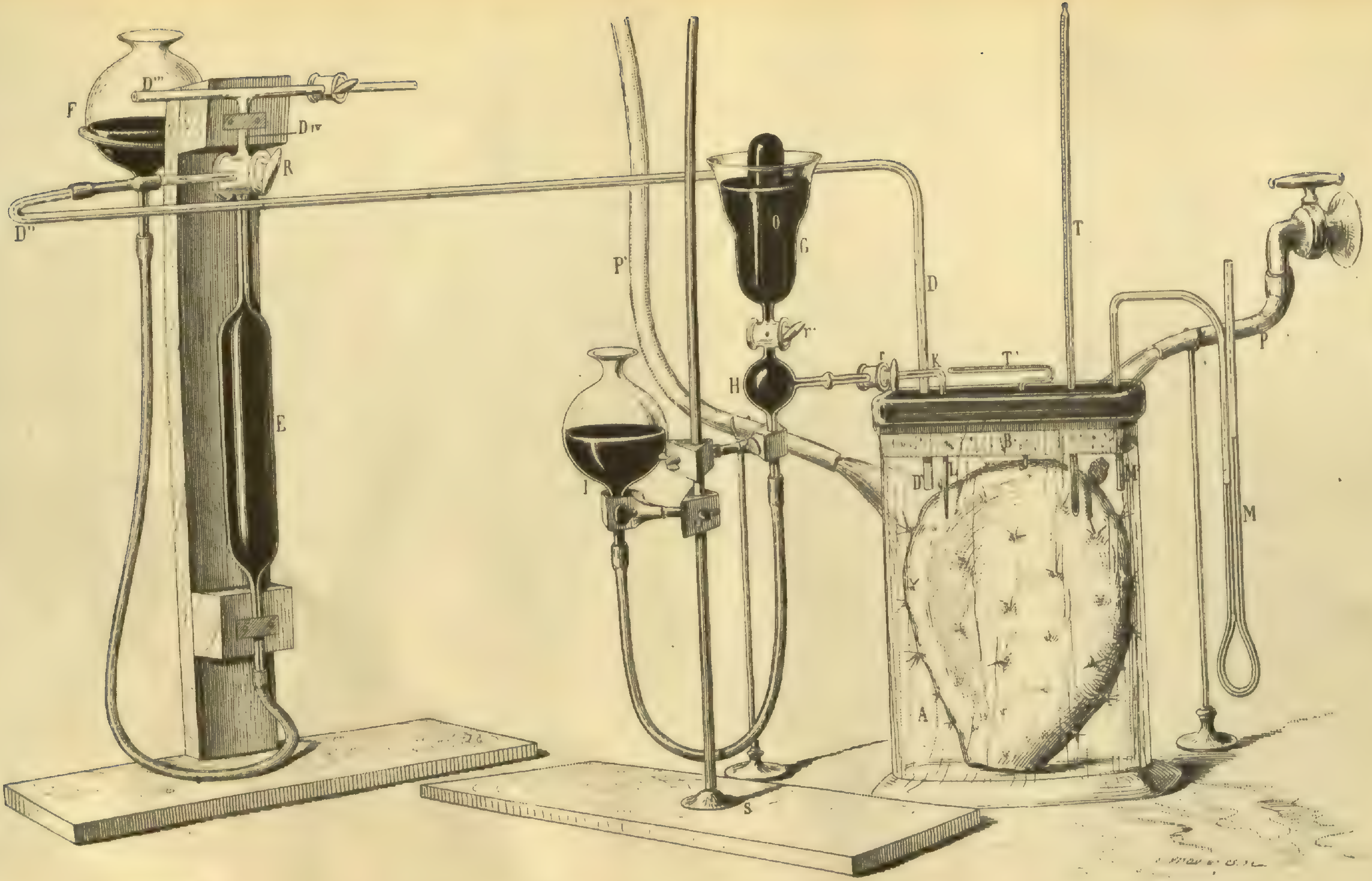
(2) M.-J.-W. Moll : *Intracellular Pangenesis* (Botanical Gazette, vol. XIV, n° 3).

(3) Voir *Revue générale de Botanique*, t. IV, n° 39, p. 137.

(4) D.-H. Scott and G. Brebner : *On internal Phloëm in the Root and Stem of Dicotyledons* (Annals of Botany, vol. V, n° XIX, August 1891, p. 259-300, 3 pl.).

(5) G. Henslow : *On the Vascular Systems of Floral Organs, and their Importance in the Interpretation of the Morphology of Flowers* (Linnean Journal, Botany, vol. XXVIII, p. 151-197, 10 pl.).

A. Prunet.



Millot del. Éd. Crété. Vitou sc

Appareil pour étudier les échanges gazeux des plantes grasses.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la ***Revue.***

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 septembre 1892

N° 45

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES. 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 SEPTEMBRE 1892

Pages.

I. — DESCRIPTION D'UNE LILIACÉE EXOTIQUE PEU CONNUE, LE *COHNIA FLABELLIFORMIS*, par **M. H. Jacob de Cordemoy** 369

II. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*suite*) 373

III. — REVUE DES TRAVAUX SUR LA CLASSIFICATION ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE, publiés en 1888 et 1889, par **M. A. Masclef** (*suite*) 392

Cette livraison renferme en outre une gravure dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

DESCRIPTION D'UNE LILIACÉE EXOTIQUE PEU CONNUE

LE *COHNIA FLABELLIFORMIS*

Par M. H. Jacob de CORDEMOY

Le genre *Cohnia*, créé par Kunth (1), est voisin du genre *Cordyline*. L'espèce que Kunth décrit sous le nom de *Cohnia parviflora* avait été appelée *Dracæna flabelliformis* par Bory de Saint-Vincent (2) qui l'avait rencontrée à l'île Bourbon. Comme la petitesse des fleurs caractérise le genre lui-même et non cette espèce en particulier, nous pensons qu'il est préférable de conserver la dénomination spécifique choisie antérieurement par Bory. Nous nommerons donc cette espèce : *Cohnia flabelliformis* Cordem.

Du reste les trois espèces décrites par Kunth : *Cohnia floribunda*, *C. parviflora* et *C. macrophylla* paraissent devoir se réduire à cette espèce unique.

Voici sa diagnose, avec quelques particularités relatives à son mode de végétation, particularités non signalées par les auteurs; on n'a, d'ailleurs, donné de cette plante qu'une description incomplète.

Cohnia flabelliformis.

La fleur est supportée par un pédicelle blanc, grêle, de 3 millimètres environ de longueur. Ce pédicelle se confond, au premier abord, avec le tube floral dont il a la coloration blan-

(1) Kunth. *Enumeratio plantarum.* T. V. p. 35.
(2) Bory de Saint-Vincent. *Voyage aux îles d'Afrique.* T. I. p. 270-71 et 309.

che. Cette fleur est à 6 divisions légèrement soudées à la base, linéaires, réfléchies à l'anthèse, aiguës, un peu en capuchon au sommet, en préfloraison alternative.

Les étamines sont au nombre de six ; à filets libres, un peu élargis à la base, aplatis, ayant un peu plus de la moitié de la longueur des lobes du périanthe, glabres, opposés à ces divisions. Anthères oscillantes, biloculaires, hastées, s'ouvrant par deux fentes latérales, introrses. Ovaire triloculaire, à 6 côtes semi-lunaires. Ovules 6-8, anatropes, disposés sur deux rangs et insérés à l'angle interne de chaque loge. Style épais, un peu plus long que l'ovaire, cylindrique, à trois sillons. Stigmate aplati, tronqué, trilobé. Le tout est glabre.

Le bouton de la fleur est parsemé à l'extérieur de points d'un bleu verdâtre. Les divisions du périanthe sont uninerviées.

Le fruit est une baie noire, lisse, brillante, conique, surmonté du style épaissi, charnu et muni de trois petites cavités en forme d'ombilics, situées au-dessous du style et correspondant aux cloisons.

Cette baie renferme pour chaque loge 1-5 graines noires, anguleuses, luisantes, à arêtes vives, semi-ascendantes.

Les graines renferment, sous un tégument épais, coriace, friable, un albumen abondant, au milieu duquel se trouve l'embryon. Les pédicelles et les divisions persistantes du périanthe, coriaces, prennent quelque temps après la floraison une couleur rousse.

L'inflorescence est en grappe composée. Les fleurs sont portées sur les axes quaternaires par les petits pédicelles blancs.

La constitution de cette inflorescence est la suivante : l'axe principal d'un blanc verdâtre, de plus d'un mètre de long, subtriangulaire, est enveloppé à la base de 3-4 bractées foliacées stériles, engainantes, puis de bractées semi-amplexicaules, décurrentes, à l'aisselle desquelles naissent les axes secondaires munis d'une bractée intra-axillaire bifide au sommet; — les axes secondaires aplatis horizontalement, subtriangulaires, portent des bractées semi-amplexicaules, aiguës, à l'aisselle desquelles naissent les axes tertiaires munis également de bractées

intra-axillaires, dont les inférieures sont bifides au sommet, les supérieures entières et aiguës.

Les axes tertiaires portent de la même manière des axes quaternaires dont la bractée intra-axillaire est entière. C'est sur ces axes quaternaires que naissent insérés sous forme de grappes, suivant la fraction $\frac{2}{5}$, les pédicelles florifères.

Les dimensions moyennes des divers éléments de l'inflorescence sont les suivantes :

Longueur du rachis principal	1m,50
— des axes secondaires	0m,50
— des axes tertiaires	0m,25
— des axes quaternaires	0m,12
Longueur de la fleur (le pédicelle compris)	0m,01
— de la bractée de la base	0m,45
— d'une bractée moyenne	0m,20

Les bractées sont aiguës, très entières, lancéolées, linéaires.

Les tiges simples, très rarement rameuses, de 3-4 mètres de longueur, de deux centimètres environ de diamètre, s'élèvent en nombre plus ou moins considérable d'une grosse souche ligneuse plus ou moins aplatie ou globuleuse appliquée contre le tronc des vieux arbres. Elles se terminent à un certain âge par l'inflorescence, et *continuent à s'allonger par un bourgeon axillaire contigu à l'axe florifère.*

Ces tiges sont dès lors marquées des cicatrices des axes florifères et de celles plus ou moins nettes des feuilles tombées.

Les feuilles sont distiques, sessiles, engainantes à la base, équitantes, munies d'une forte nervure médiane. La portion équitante épaisse, pétioliforme, est longue d'environ 25 centimètres; le limbe, long de 80 centimètres à 1 mètre, large de 8 à 10 centimètres, est penninerve et présente des nervures fines, serrées, non proéminentes. Les bords sont entiers, ondulés; le sommet est très aigu, acuminé. Le tout est glabre.

Notre espèce est un arbuste épiphyte, à racines épaisses, fibreuses, rameuses, dures, solides, embrassant les rameaux des arbres et s'enfonçant dans les mousses et l'humus qui recou-

vrent les vieux arbres. Nous ajoutons cependant que cette consistance fort dure qu'offrent généralement ces racines est due à ce que l'écorce molle s'exfolie de bonne heure en mettant à nu le cylindre central protégé par une gaine sclérifiée extrêmement résistante.

Cette plante croît à l'île de la Réunion dans les forêts humides, sur les vieux arbres moussus, ou quelquefois sur le sol humifère parmi les racines des plantes voisines, aux altitudes de 300 à 1.500 mètres.

Son nom vulgaire, dans l'île, est : *Canne marronne*. Elle fleurit en juillet-août, pendant les mois d'hiver de l'hémisphère austral.

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Pâr M. E. AUBERT *(Suite)*.

REMARQUE. — Il est plus intéressant d'envisager l'*influence simultanée de l'âge et de la température sur l'intensité respiratoire* d'une espèce grasse donnée, puisque dans les conditions naturelles du développement des plantes, à mesure que la période végétative s'écoule, la température s'élève. J'ai pu déterminer dans ces conditions les échanges gazeux du *Sedum carneum*. En effet, pendant l'hiver de 1890-1891, un certain nombre de tiges rampantes de cette espèce végétale avaient pu être préservées du froid dans la serre de la Sorbonne ; dès le réveil de la végétation, elles produisirent un grand nombre de rameaux feuillés dont j'ai fait respirer quelques-uns à l'obscurité, de temps à autre, pendant le printemps de l'année 1891.

Les résultat de mes observations ont été les suivants :

Sedum carneum

Nature de la plante.	Poids frais	Date de l'expérience.	Temp.	Vol. d'O absorbés par 1 gr. de poids frais en 1 h. : mill. cub.
	gr.			
Tiges très jeunes.	1,6425	3 avril.	14°	66,0
— un peu plus âgées....	2,2035	21 —	18°	70,6
— —	1,4830	22 mai.	21°	85,9
Grandes tiges....	1,7570	1er juin.	25°	110,7

Les volumes d'oxygène absorbés (par 1 gramme de poids frais de la plante en 1 heure) *sont en progression croissante* : résultat conforme à celui de MM. Bonnier et Mangin concernant les

plantes ordinaires, abstraction faite du maximum correspondant à la période germinative ou à celle d'éclosion des bourgeons, que je n'ai pas eu à considérer (1).

Je ne crois pas que cette progression existe chez les Cactées, bien que je n'aie pas fait de recherches à ce point de vue spécial; car ces plantes s'épaississent considérablement à mesure qu'elles grandissent et leur surface, par laquelle se produisent les échanges gazeux, s'accroît bien moins rapidement que leur volume.

§ 4. — Comparaison de l'intensité de la respiration chez diverses espèces végétales.

De Saussure a fait, le premier, quelques travaux sur la comparaison de l'intensité respiratoire chez diverses plantes.

« Les feuilles des plantes grasses, dit-il, consument moins d'oxygène que la plupart des autres végétaux, car elles ont moins de points de contact avec l'air ambiant et un moins grand nombres de pores (stomates) à égalité de surface. Elles perdent infiniment peu de carbone. Les arbres qui perdent leurs feuilles pendant l'hiver, perdent en général le plus de carbone et consument le plus d'oxygène. Les feuilles des arbres toujours verts consument moins d'oxygène que celles des autres arbres. »

MM. Bonnier et Mangin ont confirmé ces indications par des expériences précises réalisées chez quelques végétaux arborescents : les uns à feuilles caduques (Lilas, Tilleul, Chêne, Marronnier), les autres à feuilles persistantes (Pin, Lierre, Houx).

J'ai pu faire de nombreuses observations, non plus chez les arbres, mais chez les plantes herbacées, ne choisissant que peu de plantes ordinaires comme termes de comparaison et m'intéressant bien plus à diverses catégories de plantes grasses.

Dans le tableau ci-joint, j'ai inscrit deux séries de résultats concernant les volumes d'oxygène absorbés par différents végétaux, à deux températures à peu près identiques : les unes *a* variant peu autour de 13°, les autres *b* très voisines de 20°.

(1) G. Bonnier et L. Mangin : *Recherches sur les variations de la respiration avec le développement des plantes.* (Annales des Sc. natur., 7e série, t. II, p. 363.)

Intensité comparée de la Respiration chez div. espèces végétales.

Noms des plantes.	Températures.	Vol. d'O absorbés par 1 gr. de poids frais en 1 h. aux températures:		Températures.	Noms des plantes.
	a	*a*	*b*	*b*	
Cereus macrogonus.	12°	3.00	14.90	18°	Kleinia articulata.
Mamillaria elephantidens	12	5.60	23.70	20	Opuntia tomentosa.
Opuntia cylindrica	13	6.80	24.75	20	— maxima.
Mamillaria Newmanniana	12	10.34	25.30	23	Mamillaria Newmanniana.
Opuntia intermedia.	16	11.15	29.20	18	Rhipsalis salicornioides.
— tomentosa	13	11.40	31.10	18	Sedum dendroideum.
— dejecta	15	11.80	45.30	20	Opuntia monacantha.
Aloe spinosa	10	14.90	47.10	18	Euphorbia mamillaris.
Opuntia maxima	15	15.30	48.70	19	Sedum reflexum.
Crassula arborescens	13	16.60	57.00	20	Phyllocactus grandiflorus.
Sedum dendroideum	12	19.00	57.10	23	Crassula arborescens.
Phyllocactus grandiflorus	15	28.70	63.10	18	*Picea excelsa* (âgé).
Picea excelsa	15	44.10	71.14	18	Euphorbia rhipsaloides.
Sedum album	14	56.60	77.50	20	Sedum album.
Mesembryanthemum deltoides	12	57.80	77.60	23	Mesembryanthemum deltoides.
Sedum carneum	14	66.00	85.90	21	Sedum carneum.
— acre	14	72.45	93.70	21	— acre.
Lupinus albus	12	73.70	102.10	23	— Telephium.
Galanthus nivalis	13	77.60	145.10	18	*Faba vulgaris.*
Tulipa europæa	13	89.60	159.00	20	*Mirabilis Jalapa.*
Faba vulgaris	12	96.60	170.50	23	Pereskia aculeata.
Pereskia aculeata	15	114.90	200.00	21	*Ricinus communis.*
Mirabilis Jalapa	15	120.00	200.00	20	*Lupinus albus.*
Triticum sativum	13	291.00	252.00	20	*Picea excelsa* (jeune).
			252.15	20	*Hedera Helix.*
			352.00	24	*Calamintha Nepeta.*

Ces deux séries de plantes dans lesquelles les plantes grasses sont indiquées en caractères différents des végétaux ordinaires, montrent que les *Cactées* épaisses sont, de toutes les plantes,

celles qui respirent le moins activement, puis viennent les *Crassulacées*, les *Euphorbiacées* grasses, les *Conifères* et les *Mésembryanthémées* indistinctement, ainsi que les *Phyllocactus*, Cactées aux rameaux très aplatis ; enfin se rangent les plantes ordinaires et les feuilles jeunes d'une Cactée, *Pereskia aculeata*, qui sont les végétaux herbacés dont l'intensité respiratoire est la plus active.

A égalité de poids frais et dans le même temps, un jeune pied de *Blé* absorbe 100 fois plus d'oxygène que le gros *Cereus macrogonus* de forme cylindrique.

Il est bon de remarquer que les nombres correspondant ici aux Cactées sont très élevés proportionnellement à ceux que fourniraient les grandes Cactées à raquettes ou à tiges cylindriques ou sphériques très épaisses ; car je n'ai opéré que sur des raquettes âgées d'un an au plus, et la plupart du temps, sur des échantillons de quelques semaines ou de quelques mois, ayant poussé dans la serre.

Conclusions. — Il résulte des données qui précèdent que *les plantes ont des échanges gazeux d'autant plus actifs que leur carnosité est moins prononcée.* Les végétaux ordinaires respirent avec plus d'intensité que les plantes grasses.

Parmi les plantes grasses, les Crassulacées et les Mésembryanthémées, à cuticule mince, ont avec l'atmosphère des échanges gazeux supérieurs à ceux de la plupart des Cactées. Les Euphorbiacées grasses et les arbres à feuilles persistantes adultes sont à peu près intermédiaires, à ce point de vue, entre les Crassulacées et les Cactées.

Il est bien évident que la surface de contact d'une plante avec l'air extérieur est le premier facteur à invoquer pour expliquer la différence d'intensité des échanges gazeux chez les espèces végétales les plus variées. Il existe un autre facteur dont l'importance est grande aussi : je veux parler de la *proportion d'eau* que renferment les végétaux, et j'en vais montrer l'influence sur l'intensité de la respiration d'une plante.

INFLUENCE, SUR L'INTENSITÉ RESPIRATOIRE, DE LA PROPORTION D'EAU QUE RENFERME UN MÊME ORGANE.

Quand un pied de *Crassula arborescens* est placé dans un milieu trop sec, ses feuilles se rident, puis elles tombent sans cependant être d'abord altérées, parce qu'elles perdent plus d'eau par transpiration qu'elles n'en reçoivent de la plante. Il m'a paru intéressant de rechercher ce que deviennent les échanges gazeux dans les feuilles fraîchement tombées.

De même, les horticulteurs détachent des raquettes de Cactées et les laissent indépendantes parfois pendant six mois, en hiver surtout. Ces raquettes se dessèchent plus ou moins ; quand on les pique ensuite dans une terre légèrement humide, elles reprennent peu à peu de l'eau grâce aux racines adventives qu'elles émettent soit par la section, soit par les cicatrices des petites feuilles tombées à l'origine. L'intensité des échanges gazeux est-elle notable chez ces raquettes fanées?

Crassula arborescens. — Le 7 février 1891, j'ai recueilli trois feuilles ridées, nouvellement détachées d'un pied de *Crassula arborescens ;* leur poids était de $7^{gr},93$. Trois autres feuilles fraîches avaient un poids de $10^{gr},46$. Les premières, mises à l'étuve après l'expérience, ont accusé un poids sec de 0 gr. 44 ; les feuilles fraîches un poids sec de $0^{gr},4715$.

En admettant que les feuilles ridées aient eu, lors de leur pleine activité vitale, la même proportion d'eau que les feuilles fraîches, leur poids frais eût été de $\frac{10^{gr},46 \times 0^{gr},44}{0,4715}$

$$= 9^{gr},76.$$

Elles ont donc perdu $9^{gr},76 - 7^{gr},93 = 1^{gr},83$ d'eau : soit une proportion de leur poids égale à $\frac{1.83}{9.76} < \frac{1}{5}$.

Les deux lots de feuilles ont été placés à l'obscurité, à la température de 9° dans l'air renfermant au début 20,64 d'oxygène.

Les conditions et les résultats de l'expérience sont les suivants :

Crassula arborescens.

	POIDS frais.	VOLUME gazeux.	DURÉE de l'expérience.	VALEUR de $\frac{CO^2}{O}$	VOLUMES EN MILL. CUBES ET EN 1 HEURE par gr. de poids frais de CO^2 dégagé.	par gr. de poids frais d'O absorbé.	par gr. de poids sec de CO^2 dégagé.	par gr. de poids sec d'O absorbé.
	gr.	cm. cub.						
Feuilles ridées.	7.93	31.8	18h30	0.56	6.26	11.14	113	201
Feuilles fraîches..	10.46	38.0	19 30	0.68	3.16	4.64	70	103

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est plus petit pour les feuilles ridées que pour les feuilles fraîches. La comparaison la plus propre à nous éclairer sur l'intensité des échanges gazeux, est relative aux volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé à poids sec égal. La quantité d'oxygène absorbée est deux fois plus grande pour les feuilles ridées que pour les feuilles fraîches, tandis que la quantité d'acide carbonique dégagée est seulement 1,6 fois plus forte pour les feuilles ridées que pour les fraîches.

Il semble que les feuilles tombées fabriquent des acides organiques propres à retenir plus longtemps dans leurs tissus l'eau qu'elles ne peuvent plus recevoir de la plante. Quoi qu'il en soit de cette interprétation, il résulte de l'expérience précédente que :

La turgescence des Crassulacées est un obstacle à leurs échanges gazeux avec le milieu extérieur.

La même conclusion est-elle applicable aux Cactées? Je l'ai recherché avec des raquettes d'*Opuntia monacantha.*

Le 22 mai 1891, une raquette d'*Opuntia monacantha* fut détachée, pesée, puis suspendue par un fil dans la serre, de manière à n'être pas en rapport avec le sol. Pesant 20gr,586 au début, elle avait perdu 7gr,79 le 27 juillet.

Je l'ai placée, à cette dernière date, à l'obscurité, dans une éprouvette sur le mercure. Elle a échangé avec l'air extérieur

par heure et par gramme de poids frais, à la température de 24° :

46mmc,2 d'acide carbonique dégagé et 60mmc d'oxygène absorbé.

Les échanges gazeux ont été, pour deux autres raquettes fraîches développées de la même manière :

40mmc,4	de CO^2 dégagé	et	45mmc,3	d'oxygène absorbé.	Température 20°.
43, 4	—		41 ,2	—	— 26.

Ainsi à des températures très voisines de 24°, les raquettes fraîches ont eu des échanges gazeux moins actifs que la raquette ridée; c'est surtout l'oxygène qui est absorbé en plus grande quantité, comme cela a été remarqué chez les feuilles ridées de *Crassula*.

Il résulte de ces observations que :

La turgescence des plantes grasses est un obstacle à leurs échanges gazeux avec l'air extérieur.

Lorsque les plantes grasses sont partiellement flétries par une transpiration trop active, elles absorbent plus d'oxygène et dégagent plus d'acide carbonique qu'à l'état frais. C'est surtout pour l'oxygène absorbé que cette différence est le plus sensible. Aussi le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est plus petit, dans les mêmes conditions, pour les végétaux un peu fanés que pour les plantes fraîches.

Lorsqu'une portion quelconque de Cactée est abandonnée pendant l'hiver dans une serre, elle ne cesserait d'avoir, avec l'air extérieur, des échanges gazeux assez importants si la température était un peu élevée; mais comme, d'autre part, la transpiration serait activée, les horticulteurs ont soin de les soumettre à une température de 8 à 10° seulement. Le fragment détaché transpire peu, ses échanges gazeux sont très réduits; il peut ainsi résister pendant plusieurs mois.

Remarque. — La proportion d'eau renfermée dans une plante grasse est un obstacle à ses échanges gazeux, c'est-à-dire que son intensité respiratoire est amoindrie. Or les plantes les plus charnues doivent, d'après cela, avoir une faible respiration et les plantes peu riches en eau respireront le plus activement. Ce

sont précisément là des conclusions auxquelles j'ai été conduit, après de Saussure, par l'étude de la respiration comparée des végétaux.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE L'ÉTUDE SUR LA RESPIRATION DES PLANTES GRASSES A L'OBSCURITÉ; INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.

Les résultats que l'étude de la respiration des plantes grasses m'a conduit à formuler peuvent se diviser en deux catégories :

Les uns conformes à ceux déjà énoncés pour les végétaux ordinaires ;

Les autres qui en diffèrent d'une manière notable.

Les premiers résultats, applicables à la fois à tous les végétaux charnus ou non, sont les suivants :

Les échanges gazeux dus à la respiration des plantes sont d'autant plus intenses que la température est plus élevée.

L'intensité respiratoire d'une plante ou d'un organe diminue avec l'âge de cette plante ou de cet organe.

L'activité respiratoire des plantes appartenant à diverses espèces végétales est d'autant plus grande qu'elles ont une moindre carnosité.

J'ai montré toutefois que l'intensité de la respiration d'une plante ne dépend pas seulement de l'étendue de sa surface à volume égal, mais encore de la proportion d'eau que cette plante renferme, en opérant sur deux espèces de végétaux charnus :

La turgescence des plantes grasses est un obstacle à leurs échanges gazeux avec l'air extérieur.

Les résultats particuliers aux plantes grasses sont les suivants :

1° *Le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *des gaz échangés par la respiration*, constant avec la température chez les plantes ordinaires, *est variable avec la température chez les plantes grasses.*

Très voisin de l'unité ou égal à 1 chez les végétaux ordinaires, ce rapport en est plus ou moins éloigné chez les plantes grasses, mais *il se rapproche de 1 à mesure que la température s'élève.*

2° *Le rapport* $\frac{CO^2}{O}$, indépendant de l'heure à laquelle on étudie la respiration pour les plantes ordinaires, *varie chez les plantes grasses suivant que le végétal respire, à l'obscurité, pendant le jour ou pendant la nuit. La valeur nocturne de ce rapport est plus petite que sa valeur diurne.*

Quand une plante grasse est soumise à un *séjour prolongé dans l'obscurité, le rapport* $\frac{CO^2}{O} < 1$ *se rapproche peu à peu de l'unité sans la dépasser, tant que la respiration est normale.*

3° *Le rapport* $\frac{CO^2}{O}$, constant et voisin de l'unité pour chaque espèce végétale non charnue, *est variable pour une même espèce grasse avec sa carnosité; ce rapport est d'autant plus éloigné de l'unité*, soit pour une même espèce, soit pour des espèces diverses, *que la plante considérée est plus charnue.*

Tels sont les points principaux où il y a divergence entre les plantes grasses et les végétaux ordinaires. Il est bon de remarquer que, dans chacun de ces cas, soit qu'on observe le rapport $\frac{CO^2}{O}$ chez une même espèce dans diverses conditions expérimentales, soit qu'on l'étudie chez diverses espèces dans des conditions identiques, ce rapport $\frac{CO^2}{O}$, si variable qu'il soit, tend toujours vers l'unité:

1° Quand la température s'élève;

2° Quand l'obscurité se prolonge;

3° Quand la plante a une plus faible carnosité.

Ces conclusions peuvent être interprétées facilement quand on se base sur les connaissances acquises par les travaux de MM. Mayer, de Vries et par mes recherches personnelles sur la nature, la répartition et les variations des acides organiques chez les plantes grasses.

Les plantes grasses fabriquent des acides organiques très oxygénés (surtout l'acide isomalique et l'acide oxalique) pendant les premières heures de leur séjour à l'obscurité.

Les nombreuses observations qui précèdent sur la respiration des plantes grasses et des végétaux ordinaires et l'analyse des résultats auxquels j'ai été conduit par cette étude me permettent d'en conclure la loi très générale qui suit, loi dont la figure 67 ci-jointe est la traduction.

Les plantes grasses forment une série de végétaux où tous

Fig. 67. — *Représentation théorique des échanges gazeux respiratoires chez les végétaux.* — OX, axe de carnosité ; OY, axe des volumes de gaz (O et CO^2) échangés par les plantes avec l'atmosphère ; GD, courbe de l'oxygène absorbé : à droite, elle se rapproche de l'axe OX et montre que chez les plantes très charnues X, le volume d'oxygène absorbé est moindre que chez les végétaux ordinaires O ; GE et GE' courbes des volumes d'acide carbonique dégagés aux températures t° et T° : la courbe à la température la plus élevée T° est relevée, se rapproche de la courbe de l'oxygène absorbé et montre que, par l'élévation de la température, le rapport $\frac{CO^2}{O} = \frac{EX}{DX}$, d'abord voisin de zéro pour les plantes très charnues, devient $\frac{EX}{DX}$ voisin de 1. Une plante peu charnue, en ACC'B par exemple, présenterait un cas intermédiaire.

les degrés de carnosité sont représentés. Les phénomènes respiratoires dont elles sont le siège sont identiques pour toutes, mais les échanges gazeux y sont réglés par la production plus ou moins abondante d'acides organiques.

Cette production d'acides organiques dépendant elle-même du développement du parenchyme (réduit au minimum chez les

plantes ordinaires), les plantes peu charnues et surtout les plantes ordinaires fabriquent très peu d'acides organiques; elles occupent l'une des extrémités de la série végétale et leurs phénomènes respiratoires sont régis par une loi ($\frac{CO^2}{O}$ = constante), d'autant moins applicable aux diverses espèces de plantes grasses que ces espèces occupent, dans l'échelle de carnosité (OX, fig. 67) un rang plus éloigné des plantes ordinaires.

CHAPITRE II

Assimilation chlorophyllienne des plantes grasses; comparaison avec celle des végétaux ordinaires.

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

Th. de Saussure a montré que les Cactées dégagent de l'oxygène en quantité notable à la lumière. M. Mayer a constaté le même fait chez les Crassulacées, en faisant remarquer que ce dégagement se produit même dans une atmosphère dépourvue d'acide carbonique : ce que ne font pas les plantes ordinaires.

J'ai répété ces expériences en vérifiant le mode de dégagement de l'oxygène.

L'appareil employé consistait en une grande éprouvette à pied A (Pl. 8), aplatie latéralement et renfermant une épaisse raquette d'*Opuntia robusta*. Cette éprouvette était fermée par un bouchon de liège de 3 centimètres d'épaisseur traversé par les tiges de deux thermomètres T et T′ et par trois tubes. L'un de ces tubes M′ communiquait avec un manomètre M; le second DD′ était en rapport avec un appareil EF bien connu et destiné à brasser le gaz intérieur; le troisième KL se rendait à un appareil spécial GHI destiné à puiser du gaz autour de la plante.

Afin d'éviter toute fuite dans l'éprouvette, j'ai coulé sur le bouchon de liège une couche, épaisse d'un centimètre, de mastic Golaz fondu, en ayant soin, pendant tout le temps de sa solidification, de chasser avec un brûleur les bulles d'air qui auraient pu y déterminer des vides et un manque d'homogénéité. Le bouchon ayant été suffisamment enfoncé dans l'éprouvette, il restait, après le coulage du mastic, une sorte de petite cuvette supérieure, profonde de 2 centimètres, que je remplis de mercure. Le mercure isolait la cire du contact de l'air et du double

courant d'eau amené ultérieurement sur l'éprouvette par deux tubes de caoutchouc P et P' d'un fort diamètre, en communication avec les conduites d'eau de la ville de Paris.

Les thermomètres, gradués en $\frac{1}{5}$ de degré, plongeaient : l'un T dans l'atmosphère de l'éprouvette ; l'autre T' à cuvette étroite et très allongée, dans la raquette, jusqu'à 6 centimètres de profondeur. Un autre thermomètre mobile faisait connaître, aussi souvent qu'on le désirait, la température de l'eau à la surface de l'éprouvette contre laquelle elle s'écoulait en nappe.

Le manomètre à air libre M indiquait la pression dans l'éprouvette. A l'aide de l'appareil EF, j'ai pu à volonté, par le robinet à trois voies R et les tubes D''', D$^{\text{IV}}$, D'', D, D', mettre l'air de l'éprouvette en communication avec l'air extérieur ou l'en isoler, et brasser les gaz de la raquette et de l'atmosphère ambiante, avant d'en faire des prises avec l'appareil GHI.

Le brassage s'effectue ainsi : on tourne le robinet R de telle sorte que le tube DD'' soit isolé du tube D$^{\text{IV}}$ D''' et mis au contraire en communication avec le tube évasé E plein de mercure. Il suffit alors d'abaisser et d'élever alternativement le réservoir à mercure F pour aspirer en E une partie de l'air de l'éprouvette A et l'y refouler ensuite. J'ai pratiqué ce brassage quatre ou cinq fois avant de puiser du gaz avec l'appareil GHI.

Ce petit appareil a été imaginé pour puiser de faibles quantités de gaz dans l'éprouvette A, de manière à ne modifier qu'insensiblement la pression du gaz confiné autour de la plante. La quantité de gaz extraite par 10 prises successives m'a donné un volume moyen de 0$^{\text{cmc}}$,4 pour chacune d'elles. (On peut avec quelque habitude ne prendre que $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ de centimètre cube.) Sous un volume aussi faible, il est encore possible d'analyser le gaz à l'aide de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin.

L'appareil à prises consiste en une ampoule de verre H, de volume 4 centimètres cubes environ, prolongée en bas par un tube capillaire serré dans l'une des pinces du support S et réuni au réservoir à mercure I au moyen d'un tube de caoutchouc

épais. L'ampoule communique en haut avec un deuxième tube capillaire muni en r' d'un robinet. Ce tube, effilé à son extrémité supérieure en O, se termine au-dessous de la surface libre du mercure contenu dans une cuvette G. Une petite éprouvette N, remplie de mercure, coiffant le tube O, sert à recueillir le gaz. L'ampoule H présente sur le côté une tubulure, rodée à l'émeri, dans laquelle s'engage un tube capillaire coudé KL effilé en pointe à son extrémité libre, pourvu d'un robinet r et plongeant dans l'éprouvette A.

Pour se servir de cet appareil, la cuvette G et le réservoir I étant à peu près remplis de mercure, on ouvre les deux robinets r et r' et on soulève doucement le réservoir I. Aussitôt le tube KL rempli jusqu'à la pointe, on ferme le robinet r; continuant à élever le réservoir, on remplit le tube supérieur O et on ferme le robinet r'. L'éprouvette N, pleine de mercure, est placée à ce moment dans la cuvette et l'appareil est prêt pour l'expérience.

C'est la première précaution à prendre une fois que l'appareil général a été installé.

Une prise de gaz est faite de la manière suivante. On abaisse le réservoir T au-dessous de l'extrémité L du tube KL et on ouvre le robinet r; le gaz de l'éprouvette A refoule le mercure dans le siphon LKHI et pénètre dans l'ampoule H au sommet de laquelle il se rend. On ferme r aussitôt que quelques bulles se sont accumulées en H; on soulève I jusqu'au-dessus de la cuvette G et on ouvre le robinet r'. Le gaz recueilli en H est refoulé dans l'éprouvette N. On ferme r', on ouvre r de manière à remplir de mercure le tube KL; on referme r; le réservoir I est immobilisé sur le support s et l'appareil est prêt pour une prise de gaz ultérieure.

Résultats. — Le 14 juin 1891, j'ai disposé l'appareil avec toutes les précautions indiquées, après avoir placé dans l'éprouvette A une raquette fraîche d'*Opuntia robusta* de volume 247 centimètres cubes. Toute la nuit du 14 au 15 juin l'appareil fut en communication avec l'air extérieur par le robinet à trois voies R et les tubes D'DD''D'''D$^{\text{IV}}$. Pendant toute la journée du 15, après avoir isolé l'atmosphère interne de l'air extérieur,

j'ai fait des prises de gaz dans l'appareil à partir de 9 heures du matin. Le ciel demeura couvert tout le jour et les échanges gazeux furent peu importants.

Opuntia robusta 15 juin 1891.

Heures des prises de gaz.	Pressions barométriques dans l'appareil.		Températures.		Composition du gaz intérieur. Az complément à 100.	
			T	T'	CO^2	O
9h00 mat.	763.2	764.7	16°9	16°9	0.21	17.68
10 07 —	»	767.2	16 9	17 3	0.27	18.60
11 15 —	»	767.7	17	17 6	0.29	18.60
1 20 soir.	762.9	771.9	11	17 9	0.04	18.76
2 03 —	762.7	771.9	17	17 5	0.12	19.06
4 37 —	761.7	773.2	17	17 5	0.43	19.19
7 30 —	761.2	770.2	16 5	16 7	0.25	19.14

Les nombres qui accusent la composition du gaz à tous les instants de la journée montrent que la proportion d'acide carbonique subit de faibles oscillations. Quant à la proportion d'oxygène, elle augmente d'une manière régulière depuis le début de l'expérience jusqu'au moment où, l'intensité de la lumière diffuse diminuant, cette proportion d'oxygène faiblit à son tour (1).

Les variations dans la proportion d'oxygène contenu dans l'air confiné ont été plus intéressantes à suivre le 13 mai, jour où une autre grande raquette d'*Opuntia robusta* fut exposée au soleil, caché de temps à autre par de gros nuages. Ramenées, comme plus haut, à la même proportion centésimale d'azote, les proportions d'oxygène et d'acide carbonique ont été les suivantes :

(1) J'avais projeté de me servir de l'appareil qui précède pour résoudre la question du dégagement de l'azote par les Cactées ; de là l'emploi des thermomètres, du manomètre et du courant d'eau extérieur. Mais je me suis heurté à de nombreuses difficultés. 1° Je n'étais pas certain que le volume de la raquette demeurât constant avec les variations de température qui s'y sont manifestées ; 2° même incertitude pour le volume de l'atmosphère interne de la raquette et au sujet de la température à adopter pour le gaz confiné : la raquette, l'air confiné et la surface de l'éprouvette accusant des températures T', T et *t* différentes parfois de plusieurs degrés. Les corrections de dilatation devenaient ainsi bien hypothétiques.

Opuntia robusta. — 13 mai 1891.

Heures des prises de gaz.	Composition du gaz intérieur. Az complément à 100.		Nature de la lumière.
	CO^2	O	
9h 30 matin.	0.19	20.30	Ciel pur; rayons du soleil parvenant sur la plante.
10 25 —	0.00	20.09	Ciel pur.
10 55 —	0.00	20.72	Ciel pur, puis gros nuage cachant parfois la plante.
1 30 soir.	0.20	23 59	Rayons solaires perpendiculaires à la raquette.
2 25 —	0.11	24.94	Soleil vif.
3 25 —	0.00	26.14	—
4 04 —	0.00	26.28	—
4 45 —	0.20	26.22	Un gros nuage a caché le soleil pendant dix minutes.
5 40 —	0.11	26.16	Lumière diffuse.

Dans cette série d'expériences, la quantité d'oxygène dégagée par la plante a été, sauf au début, croissante jusque vers 5 heures du soir, heure à laquelle la plante a été exposée seulement à la lumière diffuse. Que le ciel soit pur ou couvert, c'est, à très peu près, à la même heure du jour que le maximum d'oxygène dégagé est atteint. A partir de ce moment, la quantité d'oxygène dégagée décroît, devient nulle et pendant la nuit ce gaz est absorbé avec formation corrélative d'acides organiques.

La proportion d'acide carbonique oscille quelque peu également. Quand la lumière est fort vive, tout l'acide carbonique produit par la respiration de la raquette est décomposé avant même d'avoir pu se dégager; mais si le soleil est momentanément caché ou que les rayons en tombent perpendiculairement sur la raquette (épaisse de 2 à 3 centimètres), la plante insuffisamment éclairée (en totalité dans le premier cas, en partie dans le second) dégage une faible quantité d'acide carbonique. Ce dégagement, en dehors du corps de la plante, de l'acide carbonique sous forme de traces peu appréciables est dû au brassage. Si ce brassage n'était pas effectué, on ne trouverait pas, pendant une journée de beau soleil, d'acide carbonique dans le gaz

qui entoure les grosses raquettes de Cactées : ainsi s'explique la découverte de Th. de Saussure.

§ 1. — Résultante de la respiration et de l'assimilation ; considérations générales.

Après les observations isolées de Th. de Saussure, Dutrochet, H. Mohl et Garreau, Boussingault a fait de nombreuses recherches relatives à l'action de la lumière sur les plantes et à la nature des échanges gazeux qui s'accomplissent à la lumière entre l'air et la plante.

Une remarque importante de Claude Bernard sur l'influence des anesthésiques (suppression de l'action chlorophyllienne), jointe à toutes ces recherches antérieures, a conduit MM. Bonnier et Mangin à séparer l'action chlorophyllienne de la respiration.

Les deux savants physiologistes ont ainsi fait prévoir que, suivant leur importance respective, l'une des deux fonctions, étant prédominante sur l'autre, imprime à la résultante une orientation différente : tantôt, la respiration l'emportant, on constate à la lumière une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique ; tantôt, l'assimilation étant la plus importante, c'est un dégagement d'oxygène et une absorption d'acide carbonique qu'on observe. On conçoit que, transitoirement, on puisse obtenir un dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique ou une absorption simultanée de ces mêmes gaz.

Les plantes ordinaires ayant été seules étudiées à ce point de vue, il importait de rechercher si les plantes grasses se comportent absolument de même.

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX

SUR LA CLASSIFICATION

ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE

PUBLIÉS EN 1888 ET 1889 (*Suite*).

II. — GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

1° *Flore générale de la France.*

Peu de travaux de Géographie botanique publiés pendant la période dont nous nous occupons dans cette revue, intéressent l'ensemble de la flore de la France.

Rappelons en première ligne le travail déjà cité de M. Gaston Bonnier (1); bien que les observations qu'il renferme ne concernent que les Renonculacées, on peut le donner comme un modèle du genre. La Géographie botanique y est comprise dans son sens véritable ; étude détaillée des localités, part importante faite aux diverses influences du climat, du sol ou de l'altitude, contrastes de distribution suivant les diverses régions, rien n'y est oublié.

Nous voudrions pouvoir citer en détail toutes ces observations, mais c'est le propre des meilleurs travaux de se refuser à une analyse satisfaisante. Le mieux à faire dans une revue bibliographique est de se contenter de les proclamer indispensables dans la bibliothèque d'un botaniste ; tel est le cas du travail de M. Gaston Bonnier.

Cette remarque est également vraie pour deux autres travaux dont nous avons aussi parlé précédemment, les *Suites à la Flore de France* de M. Rouy (2) et le deuxième supplément du *Conspectus floræ Europæ* de M. Nyman (3); cette fois cependant la plupart des observations de Géographie botanique se bornent à des citations de localités et même le second de ces ouvrages ne fait-il que les relever dans de précédentes publications ou des exsiccata, mais il est à recommander pour la manière souvent heureuse

(1) Gaston Bonnier : *Observations sur les Renonculacées de la Flore de France* (Rev. gén. de Botanique, 1889).

(2) G. Rouy : *Suites à la « Flore de France » de Grenier et Godron* (Description des plantes signalées en France et en Corse depuis 1855). Le Naturaliste, 1888 et 1889.

(3) C. F. Nyman : *Conspectus floræ Europæ. Supplementum II.* Orebro (Sueciæ), 1889 et 1890.

avec laquelle il coordonne en les faisant rentrer dans certaines espèces collectives une foule de formes critiques ou de soi-disant espèces.

Nous ne pouvons passer sous silence la question du tracé des cartes de Géographie botanique discutée au Congrès de botanique tenu à Paris au mois d'août 1889. Il est évident que, dans l'esprit des botanistes français présents au Congrès, il s'agissait surtout de bien s'entendre sur les moyens pratiques de dresser les cartes géo-botaniques de la France et par conséquent de faire faire un pas immense à l'étude de la Géographie botanique de notre pays ; c'est d'ailleurs ce qui ressort clairement de l'art. 7 des résolutions prises par le Congrès : « Les botanistes de chaque pays exécuteront le travail de pointage relatif à leur propre flore. »

Malheureusement il suffit de lire dans les *Actes du Congrès* (1) les nombreuses discussions sur la question, les divers systèmes présentés par MM. Bureau, Paque et Rouy, les résolutions votées et aussi les quelques notes publiées ensuite par MM. Hy (2) et Bureau (3) pour voir que rien de bien définitif n'a été adopté à ce sujet. C'est qu'en effet rien n'est moins aisé que d'établir nettement sur une carte la distribution de certaines espèces ; de plus, comme le prouvent bien les discussions à cet égard, chacun peut avoir sur le mode d'exécution des idées préconçues. Le mieux, à notre avis, aurait été de faire appel au préalable au travail personnel de botanistes compétents et de ne rien conclure avant d'avoir pu comparer les résultats.

Néanmoins, comme le dit M. Maury (4) dans une note où après avoir résumé tout ce qui a été dit au Congrès à ce sujet il cite les articles votés, « on se tromperait beaucoup si l'on voulait voir dans ces articles autre chose que de simples indications ayant pour but de faciliter un travail en commun. La pensée du Congrès, en les votant, n'a pas été de les imposer à tous les botanistes, mais de les proposer à ceux qui voudront bien collaborer à l'exécution des cartes botaniques. La commission fait appel à toutes les bonnes volontés ; elle cherchera les moyens les plus propres à faciliter la tâche commune et s'efforcera de bien remplir le mandat qui lui a été confié. »

Voici déjà trois ans que cette commission permanente fonctionne, espérons que bientôt elle pourra publier quelques cartes types qui serviront de guide aux nombreux botanistes français désireux de contribuer chacun dans leur centre d'exploration à la réalisation de cette grande œuvre, un Atlas complet de Géographie botanique de la France.

(1) *Actes du Congrès de Botanique tenu à Paris au mois d'août* 1889, p. V à XL (Bull. Soc. bot. de France, 1889).

(2) F. C. Hy : *Sur les procédés pour représenter la distribution géographique des plantes. — A propos du Congrès botanique* (Journ. de bot. 1889, nos 18 et 20).

(3) Ed. Bureau : *A propos du dernier Congrès de Botanique* (Journal. de bot. 1889, no 19).

(4) P. Maury : *Le tracé des cartes de géographie botanique au Congrès international de Botanique tenu à Paris en août* 1889 (Journ. de bot. 1889, no 16).

2° *Nord de la France.*

M. Masclef (1) dans un petit catalogue d'une trentaine de pages fait mieux connaître la végétation des collines de l'Artois. Il indique de nombreuses localités nouvelles et un certain nombre d'espèces dont la présence n'avait pas encore été constatée ou n'avait plus été signalée depuis très longtemps. Citons entre autres :

Anemone Pulsatilla.
Thlaspi perfoliatum.
Holosteum umbellatum.
Potentilla argentea.
Myriophyllum spicatum.
Senecio saracenicus.
Vintexocium officinale.
Verbascum floccosum.
Veronica triphyllos.
Digitalis purpurea.
Calamintha mentæfolia.
C. Nepeta.
Lamium hybridum.
Heleocharis acicularis.
Carex vesicaria.

L'auteur n'oublie jamais, quand il y a lieu, de signaler les faits d'influences locales du sol sur la végétation; il fait, de plus, ressortir la dispersion fort irrégulière de quelques espèces.

M. Godon (2) complète le précédent travail par une étude sur la distribution géographique des espèces du Cambraisis. Il distingue dans sa circonscription cinq stations principales : 1° les parties basses des marais, stations marécageuses; 2° les penchants des vallées, coteaux secs et pierreux; 3° le sommet des plateaux, buttes tertiaires boisées; 4° les remparts de Cambrai, abords de la ville, terrains vagues et décombres; 5° les vieux murs et les voies ferrées. M. Godon signale très peu d'espèces ou de localités nouvelles, la plupart de ses découvertes personnelles ayant été précédemment publiées par M. Masclef.

Le littoral des départements du Nord, du Pas-de-Calais et de la Somme a été l'objet de plusieurs études spéciales.

M. Masclef (3) a exposé d'une manière très détaillée la végétation des terrains soumis à l'action des eaux salées, des dunes, des galets et des marais voisins de la mer. L'auteur s'efforce surtout de mettre en relief les diverses influences exercées au bord de la mer par le climat maritime, le sel marin, le calcaire des sables maritimes, les vents violents venant de la mer, les conditions si diverses de la lutte pour l'existence et les modifications géologiques antérieures.

(1) A. Masclef: *Contributions nouvelles à la Flore des collines d'Artois (Cambrésis, Artois, Haut-Boulonnais)* (Journ. de bot., 1888).
(2) J. Godon : *Flore de Cambrésis; distribution géographique des espèces.* Cambrai, 1889.
(3) A. Masclef : *Études sur la géographie botanique du nord de la France* (Journ. de bot. 1888, 1889).

Deux autres notes du même auteur ont pour objet, la première l'étude des formes maritimes de *Daucus* (1) spéciales au Nord de la France, et la seconde la découverte du *Cochlearia anglica* dans le Pas-de-Calais (2).

Une autre note de M. Gonse (3) donne le compte rendu d'une herborisation au Hable-d'Ault, non loin de l'embouchure de la Somme.

Dans une liste de quelques pages à peine M. Riomet (4) signale certaines plantes intéressantes récoltées sur les limites orientales de la région du Nord de la France.

La dernière Flore de la Somme publiée par de Vicq en 1883 était assez incomplète, certaines parties du département restant encore à explorer; plusieurs membres de la Société linnéenne du Nord de la France se sont chargés de ce soin et le résultat de leurs recherches a été consigné par M. Gonse (5) dans une brochure d'une soixantaine de pages.

Sept espèces :

Senebiera pinnatifida.
Potentilla argentea.
Œnanthe pimpinelloides.
Lathræa squamaria.
Cuscuta major.
Utricularia minor.
Utricularia intermedia.

sont nouvelles pour le département ou n'avaient encore été signalées que dans d'anciennes localités détruites.

On y trouve aussi indiquées des localités nouvelles d'espèces rares, comme :

Anemone silvestris.
Helleborus viridis.
Cicuta virosa.
Cephalenthera ensifolia.
Liparis Lœselii.
Ophioglossum vulgatum.

3° *Environs de Paris.*

Nous n'avons à relever ici, en essayant d'y mettre un peu d'ordre, que quelques notes éparses çà et là.

M. Roze (6) indique quelques espèces non encore signalées dans les bois

(1) A. Masclef: *Note sur le Daucus hispidus DC* (Jour. de bot. 1889).

(2) A. Masclef : *La présence du Cochlearia anglica L. dans le département du Pas-de-Calais* (Ibid. 1889).

(3) E. Gonse : *Florules de Sailly-Bray, d'Hautebut et du Hable d'Ault* (Bull. Soc. linn. du Nord de la France, 1888).

(4) B. Riomet: *Plantes nouvelles, rares ou curieuses de l'Aisne et du Nord, trouvées ou observées en* 1888 (Rev. de Botan. 1888).

(5) E. Gonse: *Supplément à la Flore de la Somme* (Amiens, 1889; extrait des Mém. de la Soc. linn. du Nord de la France, 1886-1888).

(6) E. Roze : *Le Galanthus nivalis L. aux environs de Paris.* — L'*Ustilago Caricis Fuckel* (*U. urceolorum Tul.*) *aux environs de Paris* (Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 257, 277 et communication p. 441).

d'Orsay et de Chaville, puis la présence de l'*Adiantum Capillus-Veneris* à la cascade du Château d'eau du Vésinet, alimentée par l'eau d'un puits artésien qui conserve en hiver une température de 13°.

M. ZEILLER (1) signale le *Goodyera repens* « très abondant dans la portion de la forêt d'Ermenonville, plantée en Pins, à la Butte-Noire, au voisinage du chemin dit route de Blamont », et le *Dianthus superbus* sur la lisière méridionale de la forêt de Pontarmé.

A ce propos M. MALINVAUD (2) fait observer qu'il a rencontré plusieurs fois le *Dianthus superbus* dans le département de Seine-et-Marne, notamment aux environs de Provins.

Dans quelques brèves notes, M. CAMUS (3) fait connaître la présence à Villers-Cotterets, du *Potentilla procumbens*, plante « non signalée dans nos flores parisiennes », et donne les résultats de diverses herborisations à Clamart, l'Isle-Adam, Champagne, aux Essarts-le-Roi, à Esches et à Saint-Lubin, cette dernière herborisation a été faite en compagnie de M. DUVAL (4). Dans ces diverses notes les auteurs tiennent compte de l'influence minéralogique du sol.

Les comptes rendus de quelques herborisations de la Faculté de Sciences de Paris, sous la direction de M. Gaston Bonnier, ont été publiés par M. MASCLEF (5).

Dans ces comptes rendus on trouve les listes complètes des espèces récoltées, d'intéressantes remarques sur leur distribution géographique dans le rayon de la flore parisienne et dans toute l'étendue de la France, enfin de nombreuses observations à propos de l'influence du sol sur la végétation. Voici le résumé des principaux faits relatés :

La première de ces herborisations a eu lieu à l'Étang-la-Ville et Marly-le-Roi ; on y a trouvé quelques espèces non encore signalées par les flores parisiennes dans ces localités.

La seconde s'est faite à Meulan et dans les bois de Triel : deux espèces, *Alyssum calycinum* et *Eryngium campestre*, qui recherchent constamment le calcaire dans certaines régions de la France ont été recueillies dans un terrain siliceux ne faisant aucune effervescence avec les acides.

(1) Zeiller (Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 417).

(2) E. Malinvaud : Ibid.

(3) E. G. Camus : *Note sur le Potentilla procumbens Sibth* (*P. nemoralis Nestler*) (Ibid. 1888, p. 130). — *Quelques localités nouvelles des plantes intéressantes des environs de Paris* (Ibid. 1888, p. 377). — *Quelques faits nouveaux sur la flore des environs de Paris* (Ibid. 1889, p. 401).

(4) Camus et Duval: *Herborisation à Saint-Lubin* (*Seine-et-Oise*) (Ibid. 1888, p. 289).

(5) A. Masclef : *Compte rendu des herborisations de la Faculté des Sciences de Paris, sous la direction de M. G. Bonnier, professeur : I. Excursion à l'Etang-la-Ville et Marly-le-Roi ; II. Excursion à Meulan et dans les bois de Triel : III. Excursion à Fontainebleau : Gorges d'Apremont, plateaux et mares de Bellecroix*, etc., (Bulletin scientifique (nº 12) et Bulletin des Sciences naturelles (nos 1, 3, 4 et 5) de l'Association amicale des élèves et anciens élèves de la Faculté des sciences de Paris, 1888).

La troisième excursion, celle de Fontainebleau, donne lieu à un assez grand nombre de remarques originales. De la gare de Fontainebleau à la Croix du Grand-Veneur, par exemple, la plupart des espèces sont indifférentes à la nature chimique du sol ; cela tient au mélange fréquent du calcaire avec la silice. Cependant sur bien des points on observe une végétation tantôt nettement silicicole, tantôt franchement calcicole. A ce propos, M. Masclef fait remarquer que dans les terrains exclusivement siliceux la proportion des espèces indifférentes est toujours minime, et qu'au contraire sur les endroits calcaires les plantes calcicoles sont accompagnées d'un nombre beaucoup plus grand d'indifférentes. « Ce fait, ajoute l'auteur, n'est pas exclusif à Fontainebleau. Tous les botanistes connaissent la désespérante monotonie des forêts exclusivement siliceuses et savent combien la végétation est plus variée dans un bois à sous-sol calcaire. La composition chimique du sol ne doit entrer que pour une très faible part dans cette distribution inégale des espèces indifférentes sur les terrains calcaires et siliceux ; il faut en chercher l'explication dans l'étude des différentes conditions d'existence, concurrence vitale, plus ou moins grande diversité dans les stations, etc., et aussi dans l'influence physique du sol. »

La végétation des mares, vallon et rochers d'Apremont, ou mieux des sables et des grès de Fontainebleau en général, est franchement silicicole ; elle est caractérisée par un grand nombre de silicicoles exclusives, peu d'indifférentes et l'absence totale de calcicoles.

De Barbison aux mares de Bellecroix, sur les parties basses de la forêt, les espèces indifférentes prédominent ; aux mares de Bellecroix, situées au milieu des sables et grès de Fontainebleau la flore est presque exclusivement silicicole ; enfin aux environs de ces mares on voit un mélange à peu près égal des trois flores indifférente, calcicole et silicicole.

Sur le plateau de Bellecroix et la Butte Saint-Louis, grâce à la présence du calcaire de Beauce qui affleure ou est simplement recouvert d'une légère couche de limon, on rencontre une flore nettement calcicole, accompagnée d'un certain nombre d'espèces indifférentes avec exclusion complète des silicicoles.

Un autre compte rendu bien intéressant d'une excursion dans la forêt de Fontainebleau est celui de M. Luizet (1). Cette fois le but était tout différent. « Les botanistes, dit M. Luizet, qui se sont occupés de la forêt de Fontainebleau ont toujours reconnu la nécessité de consacrer plusieurs journées à l'exploration de la forêt. Les stations les plus riches sont, en effet, très écartées les unes des autres et, par les plantes spéciales qu'on y trouve, elles méritent chacune d'être visitées. Il était donc intéressant d'essayer s'il ne serait pas possible, dans une seule journée et sans le secours d'aucun véhicule, d'explorer les stations principales de la forêt ; en un mot de récolter dans une même excursion la majeure partie des espèces rares qui font de Fontainebleau l'une des localités les plus fréquentées des botanistes parisiens. » M. Luizet est arrivé à ce résultat en

(1) D. Luizet : *Herborisation à Fontainebleau le 30 mai* 1889 (Journ. de bot. 1889).

marchant dix heures et en parcourant un trajet d'environ 30 kilomètres, abstraction faite des détours ; il faut dire cependant que sa connaissance antérieure de la forêt et de sa flore l'ont beaucoup aidé. L'article de M. Luizet indique l'itinéraire suivi et donne la liste des espèces récoltées.

Dans une autre communication faite à la Société botanique, le même auteur (1) fait connaître qu'il a retrouvé dans la forêt de Fontainebleau à « la Chaise à l'Abbé », sur les bords de la route de Médicis, le *Carex obœsa* que l'on croyait disparu.

Nous devons enfin signaler deux savantes études de M. Roze (2), l'une sur la flore parisienne au commencement du xvii^e siècle, l'autre sur la flore d'Étampes en 1747. L'importance de ce genre de travaux au point de vue de la géographie botanique est très grande, car grâce à eux on peut signaler les espèces disparues d'une région et souvent déterminer ou rechercher les causes de cette destruction.

4° *Normandie.*

Le travail le plus considérable publié sur la flore de cette région est le *Catalogue des plantes du département de l'Eure* de M. Niel (3). Quarante-deux ans étant écoulés depuis la publication du dernier catalogue de M. Chesnon, M. Niel a pensé avec raison qu'il y avait lieu de reconstituer l'inventaire de la flore du riche département de l'Eure. En effet, bien des changements sont survenus pendant ce laps de temps, de nouvelles découvertes ont été faites, et malheureusement aussi, pour des causes multiples, bien des espèces rares ont totalement disparu. Le catalogue compte 138 pages in-8 ; c'est dire assez combien ce catalogue est indispensable aux botanistes voulant herboriser dans le département de l'Eure, notamment sur les riches coteaux des vallées de l'Eure, de la Seine et de la Risle, dans le Marais Vernier dont la flore si intéressante renferme encore maints vestiges du voisinage immédiat de la mer, enfin dans les prairies marécageuses des environs de Gisors et de la vallée de Charentonne ou sur les immenses plateaux argileux du département.

Ailleurs, dans une note de quelques pages, M. Niel (4) cite une centaine de plantes intéressantes recueillies dans la pittoresque et sauvage forêt de Saint-Evroult, un de ces coins encore inexplorés de la Normandie. Relevons en passant dans cette liste les *Maianthemum bifolium* et *Equisetum silvaticum,* espèces très rares en Normandie.

M. Le Jolis, dans un article très érudit, véritable monographie de plu-

(1) D. Luizet : Bull. Soc. bot. de France, 1889, p. 316.

(2) E. Roze : *La Flore parisienne au commencement du* xvii^e *siècle d'après l'Enchiridium botanicum parisiense de Joseph Cornuti. — La Flore d'Etampes en* 1747. *d'après Descurain et Guettard* (Journ. de bot. 1888 et 1889).

(3) E. Niel : *Catalogue des plantes phanérogames vasculaires et cryptogames semi-vasculaires croissant spontanément dans le département de l'Eure,* Rouen, 1889.

(4) E. Niel : *Herborisation à Saint-Evroult N.-D. du Bois* (*Orne*) (Bull. de la Soc. de France, 1888, p. 112).

sieurs *Glyceria* halophiles, fait l'historique de la découverte à Cherbourg du *Glyceria Borreri*. Il termine par quelques considérations sur la dispersion du *Glyceria maritima* dans le département de la Manche (1).

Nous devons maintenant appeler l'attention sur quelques intéressantes brochures de M. Corbière (2), ce zélé explorateur y faisant preuve d'une aussi grande sagacité comme botaniste-géographe que comme descripteur.

Dans ses *Nouvelles herborisations aux environs de Cherbourg*, M. Corbière, après de précieuses remarques sur la dispersion et la valeur spécifique de quelques plantes critiques ou nouvelles pour le département de la Manche, donne une assez longue liste de localités de plantes rares nouvelles pour le département et le compte rendu de quelques excursions dans certaines stations remarquables du Cotentin, trop peu ou nullement explorées jusqu'à ce jour : marais de Gorges, landes de Lessay et de Saint-Remy, havre et dunes de Surville.

Dans une autre brochure M. Corbière signale à Cherbourg la présence d'un certain nombre d'espèces manifestement échappées de jardins, puis l'existence dans des terrains vagues où l'on jette le lest des navires, les déblais des magasins de subsistance de la marine, criblures, etc., d'une dizaine d'espèces méridionales et américaines. Cette présence s'explique facilement par les relations du port de Cherbourg avec ceux du Midi et de l'Amérique. Toutes ces espèces s'acclimentaient bien à Cherbourg grâce à la douceur du climat maritime, mais des travaux de terrassement en ont fait disparaître quelques-unes. A Fécamp, au contraire, un certain nombre d'espèces américaines apportées vraisemblablement avec des chargements de bois sont apparues un moment pour disparaître ensuite, sans travaux de terrassement. Elles n'ont donc pu s'acclimater à Fécamp comme à Cherbourg, cette première ville étant déjà trop au nord. Tout le monde connaît d'ailleurs la douceur exceptionnelle du climat de Cherbourg où prospère le Figuier.

Dans une troisième note, M. Corbière rend compte d'une excursion de la Société linnéenne dans le département de la Manche.

Enfin, nous devons relever dans le récit de l'excursion du mont Saint-Michel à Granville quelques observations de géographie botanique précieuses pour la flore normande. Ce sont les suivantes : l'*Hordeum maritimum* est rare dans la Manche, il n'est signalé que dans quatre localités ; le *Glyceria Borreri* existe dans le sud du département de la Manche et dans le Calvados ; les *Statice Dodartii*, *S. ovalifolia* et *Salicornia fruticosa*, sont à rayer de la flore de Normandie ; enfin le *Galium tenuicaule* Jord, nouveau pour la Normandie, existe sur les falaises de Champeau.

(1) A. Le Jolis : *Le Glyceria Borreri à Cherbourg* (Extr. du Bull. de la Soc. linn. de Normandie, Paris, 1888).

(2) L. Corbière : *Nouvelles herborisations aux environs de Cherbourg et dans le Nord du département de la Manche. — Sur l'apparition de quelques plantes étrangères à Cherbourg et à Fécamp. — Compte rendu d'une excursion botanique de la Société linnéenne dans la Manche. — Excursion botanique du Mont Saint-Michel à Granville* (4-7 août 1888) (Ibid. 1888 et 1889).

Citons pour terminer cette revision des travaux sur la flore de Normandie une note sur quelques espèces trouvées aux environs de Dieppe par M. Camus (1), une autre note de M. Lancelerée (2) signalant la présence de l'*Ammi Visnaga* à Elbeuf et une liste, dressée par M. Chartier (3), de quelques espèces recueillies à Saint-Aubin pendant l'excursion de la Société d'étude des Sciences naturelles d'Elbeuf.

(1) E. G. Camus : *Une herborisation à Pourville, près de Dieppe* (*Seine-Inférieure*) (Bull. Soc. bot. de France, 1888).

(2) Lancelerée : *Note sur l'Ammi Visnaga Lamk* (Soc. d'étude des Sciences natur. d'Elbeuf, 1888).

(3) Chartier (Ibid. 1888).

(*A suivre.*) A Masclef.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue*.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIEME

Livraison du 15 octobre 1892

N° 46

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 OCTOBRE 1892

Pages.

I. — RECHERCHE SUR LA MÔLE, MALADIE DU *CHAMPIGNON DE COUCHE* (avec deux planches), par **MM. J. Costantin** et **L. Dufour** 401

II. — L'ATROPINE EST-ELLE UN ENGRAIS VEGÉTAL ? par **M. Henry de Varigny** 407

III. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*suite*) 421

IV. — REVUE DES TRAVAUX SUR LA CLASSIFICATION ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE, publiés en 1888 et 1889, par **M. A. Masclef** (*suite*) 442

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

Planches 16 et 17. — *Recherches sur la môle.*

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

RECHERCHES SUR LA MOLE

MALADIE DU CHAMPIGNON DE COUCHE

Par MM. J. COSTANTIN et L. DUFOUR

INTRODUCTION

On donne le nom de *môle* à une maladie du Champignon de couche qui sévit avec intensité dans *toutes* les carrières où l'on cultive cette espèce comestible aux environs de Paris.

Cette maladie n'est pas nouvelle dans cette région ; elle y est connue d'une manière certaine depuis au moins trois générations de champignonnistes. Elle a même été probablement distinguée, ainsi que nous le verrons plus loin, depuis une époque plus reculée. Bien que la culture du Champignon de couche soit essentiellement française et parisienne, c'est en Allemagne et en Angleterre que M. Magnus (1) et M. Cooke (2) ont décrit pour la première fois l'affection qui va nous occuper. M. Prillieux (3) a établi le premier l'identité de ce que les praticiens appellent môle et de l'altération parasitaire décrite par les deux botanistes précédents.

La question de l'orthographe du nom de la maladie se trouve probablement, autant qu'il nous semble, assez intimement liée

(1) Magnus : Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wiesbaden (Bot. Centralblatt, vol. 34, p. 394, 1888).

(2) Cooke : *Mushroom disease* (Gardener's chronicle, 1889, n° 119, p. 434, vol. 5). La note de M. Stapf se rattache probablement à la même maladie : *Ueber den Champignonschimmel als Vernichter von Champignonsculturen* (Verhandl. d. k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien, 1889, t. XXXIV).

(3) Prillieux : *Champignons de couche attaqués par le Mycogone rosea.* (Bull. de la Soc. Mycolog. de France, 1892, p. 24, séance du 11 février.)

à son histoire. Dans une note préliminaire sur ce Champignon (1) nous avions écrit ce nom de la manière suivante : « molle », adoptant ainsi, sans autre recherche, l'orthographe de tous les champignonnistes et des traités de culture de l'Agaric de couche que nous avions pu consulter. M. Prillieux (2) a fait remarquer judicieusement que la consistance ferme du Champignon malade devant écarter toute idée de ramollissement (3), il serait plus rationnel de chercher l'origine de ce mot dans le latin *moles* (masse informe) et l'écrire « *mole* ». En réalité le mot *mole* tel que nous venons de l'écrire n'est pas français et ne se trouve dans aucun dictionnaire. Nous avons adopté l'orthographe « *môle* », car ce terme est bien français et se trouve dans les dictionnaires un peu complets. Ce mot est masculin ou féminin : au masculin, il signifie ouvrage de maçonnerie construit à l'entrée d'un port; au féminin, il a plusieurs acceptions, et il désigne en particulier, en médecine, une sorte de fœtus informe (4).

Ce mot est assurément très peu usité aujourd'hui et il est très singulier de le rencontrer dans la bouche des champignonnistes, qui sont des jardiniers et maraîchers, gens en général peu initiés aux mystères des langues anciennes. Cette remarque peut conduire à penser que la môle est une maladie très anciennement connue.

C'est là une conséquence curieuse et qui explique un peu pourquoi nous avons insisté sur ce point. Si l'on se reporte d'ailleurs aux écrits de Tournefort (5), on constate avec étonnement que depuis deux siècles la méthode de culture du *Psalliota campestris* est demeurée invariable. Or une pareille méthode aussi ancienne et aussi ingénieuse n'a pas été inventée en un jour, et n'est pas sortie complète et d'un seul coup du cerveau de quelque jardinier de génie du XVII^e^ ou du XVI^e^ siècle dont le nom

(1) Costantin et Dufour : *La Molle, maladie du Champignon de couche* (Comptes rendus de l'Acad. des sc.; Séance du 29 février 1892).

(2) Prillieux (Bulletin de la Soc. Botanique de France, 1892, p. 146).

(3) Ce ramollissement ne se manifeste que lorsque le Champignon est en déliquescence.

(4) En Ichtyologie, ce mot désigne un Poisson; en antiquité romaine, un mélange de froment et de sel que l'on plaçait sur les cornes de la victime avant de l'immoler.

(5) Tournefort (Mémoires de l'Académie des Sciences, 1707, p. 58).

d'ailleurs serait resté inconnu. Il est plus vraisemblable d'admettre que les procédés de culture ont été lentement perfectionnés, et l'antiquité du mot « môle » semble plaider en faveur de cette opinion.

Il paraît plausible de supposer que le maraîcher du temps de Louis XIV devait rencontrer de temps à autre, sur ses meules, des Champignons informes, des môles, bien que Tournefort n'en parle pas. Le silence de cet observateur si sagace et si précis s'explique probablement par cette circonstance que de son temps on cultivait le Champignon de couche à l'air libre. Or, dans ce cas la maladie n'atteint jamais qu'une faible intensité, c'est un fait qui nous a été communiqué par plusieurs champignonnistes et sur lequel nous reviendrons. C'est donc vraisemblablement au commencement de ce siècle, quand on a commencé à cultiver en grand l'Agaric champêtre dans les carrières, que la maladie a dû prendre une grande extension.

CHAPITRE PREMIER

Étude de la maladie.

I. — Caractères extérieurs de la môle.

Nous avons pu distinguer différents aspects très distincts les uns des autres parmi les Champignons atteints de la môle. Ils peuvent se rattacher à deux types principaux que nous désignerons sous les noms de *forme commune* et de *forme sclérodermique*.

1. *Forme commune*. — Quand le *Psalliota* attaqué est assez développé pour que les feuillets soient différenciés, on remarque qu'ils ne sont pas droits, comme sur les individus sains, mais *ondulés* (fig. 4 et 6 pl. 16) ; leur coloration est faible et des filaments blancs, très délicats, en sortent et forment à leur surface une sorte de toile d'araignée très légère. C'est en ce seul point de l'organisne malade que le parasite se trahit extérieurement. Il y a cependant d'autres indices qui décèlent la maladie : le *pied est épais et court*, sa surface irrégulière présente souvent des *taches noirâtres* au voisinage de l'insertion des lames. (Comparez les figures 1 et 2, pl. 16, représentant des individus sains, aux figures 4 et 7 représentant des individus malades.)

En section longitudinale, des taches noirâtres identiques peuvent s'observer dans le chapeau, le pied et les feuillets (Comparez la fig. 3, individu sain, à la fig. 5, individu malade).

Dans les Champignons que nous venons de décrire, le chapeau conserve la forme normale, mais il peut arriver qu'il se déjette d'un côté et devienne excentrique (fig. 6). Le parasite a, dans ce cas, pris un développement irrégulier dans l'Agaric. Ce développement inégal de l'hôte peut se manifester aussi dans les feuillets : on peut observer sur certains individus des lames sai-

nes, droites et rosées d'un côté, et des feuillets malades, ondulés et blancs de l'autre. Quelquefois aussi plusieurs individus se soudent entre eux et l'ensemble constitue une masse tout à fait anormale (fig. 8).

A l'état que nous venons de décrire, la maladie n'échapperait certainement pas, même aux regards les moins exercés; mais l'affection peut être souvent reconnue beaucoup plus tôt. On peut même la prédire chez les individus qui sont encore à l'état de *grain* (1). Dans l'ébauche d'un Champignon sain le chapeau se différencie de bonne heure et il prend rapidement un développement prédominant relativement au pied (voir fig. 9 et 10, pl. 16). Dans un échantillon malade dès l'origine, le chapeau ne se sépare pas et il forme un simple mamelon au sommet d'un pied volumineux, bulbeux; souvent même on ne distingue plus ces deux organes et le grain se montre comme une masse bosselée, irrégulière, informe (fig. 11, 12 et 13, pl. 16).

Il est enfin une série de formes qui se rattachent à ces dernières que nous avons appelées *formes sclérodermiques* pour rappeler leur ressemblance extérieure avec des Lycoperdacées.

2. *Forme sclérodermique.* — Dans certaines conditions, en effet, les petites masses rudimentaires que nous venons de signaler en dernier lieu, grandissent et l'on a des Champignons tout à fait singuliers que l'on rattacherait difficilement *a priori* au *Psalliota campestris.* Généralement le pied est bulbeux et le chapeau petit (fig. 15, 16 et 17, pl. 17); ce dernier est parfois extrêmement réduit (fig. 19 et 20). Il peut même complètement disparaître et l'on n'a plus alors qu'une masse ovoïde rappelant une sorte de Lycoperdacée, de Scléroderme dont la peau serait lisse (fig. 22, 23).

Au début, ces échantillons sont d'un blanc sale, ils se teintent en vieillissant de gris perle sale ou gris rosé pâle, couleur qui s'étend surtout sur la partie inférieure du pied.

C'est à ces derniers types que nous rattacherons des individus récoltés dans une carrière où sévissait une grande épidémie et

(1) Les champignonnistes désignent ainsi la première ébauche de la fructification sur la couche.

qui sont représentés par la figure 8 (pl. 16). Ces Champignons avaient atteint une taille énorme ; le pied avait jusqu'à 5 et 6 centimètres de diamètre sur 7 à 8 centimètres de haut ; le chapeau également volumineux, était bosselé et irrégulier, mais non épanoui, et les feuillets n'étaient pas visibles. De plus, de larges plaques couleur lie de vin ou gris rosé se montraient sur toute la surface du pied et du chapeau.

Malgré sa taille gigantesque et son chapeau bosselé, cet individu doit être rattaché au deuxième type à cause de sa forme générale et de la teinte qui couvre le pied. Nous verrons plus loin que l'étude microscopique, que nous allons aborder maintenant, confirme cette interprétation.

(*A suivre.*)

L'ATROPINE

EST-ELLE UN ENGRAIS VÉGÉTAL?

Par M. Henry de VARIGNY

De nombreux botanistes se sont appliqués à l'étude de l'influence des poisons sur le processus de la germination et à élucider le degré d'influence de ces poisons. Du moment où la graine, quelle qu'elle soit, avant de germer, s'imbibe d'une quantité variable sans doute, mais s'imbibe toujours d'une proportion quelconque d'eau, on ne peut être surpris si la composition de cette eau exerce une influence sur ce processus. Elle peut renfermer des sels indifférents, qui ne nuiront point à la vie du protoplasma, et qui n'exerceront point d'action sur les corps chimiques accumulés dans la graine; elle peut aussi renfermer des substances qui attaqueront la graine même, dans telle de ses parties, ou qui feront subir aux substances chimiques contenues dans celle-ci, des transformations nuisibles à une bonne germination ou au développement de la plantule; peut-être enfin, le milieu artificiel dans lequel, au cours des expériences, on fait germer la graine, peut-il être, par sa composition, non plus indifférent ou nuisible, mais favorable à la germination; telles substances pouvant faciliter ou accélérer celle-ci.

Les substances de cette dernière catégorie ne sont pas nombreuses, à la vérité, et parmi elles on a cité souvent l'atropine.

Ayant été amené par d'autres recherches à considérer l'influence de l'atropine sur la germination, je relaterai brièvement les résultats obtenus.

Göppert, cité par Nobbe, dans le *Handbuch der Samenkunde* (Berlin, 1874), d'après les *Froriep's Notizen* de 1834, semble avoir le premier fait des expériences sur l'action des alcaloïdes, et en particulier de l'atropine, sur les processus végétatifs. Il employait des infusions de belladone, et d'après lui, il était indifférent que l'on arrosât la terre ensemencée de froment, de pois, d'avoine, de cresson, avec de l'eau pure, ou de l'infusion de belladone ; les résultats étaient les mêmes dans les deux cas, et l'infusion ne hâtait ni ne ralentissait la germination.

En 1865, dans ses très intéressantes *Recherches de Physiologie végétale* (*de l'action des poisons sur les plantes*), P. B. Réveil a obtenu des résultats plus frappants. Au reste, sa méthode était beaucoup plus satisfaisante. Au lieu de se servir d'infusion, il préparait des solutions titrées d'atropine, à l'état de sel soluble (sulfate), et à la terre il substituait du sable calciné et lavé. Dans ces conditions, et en opérant avec une solution de sulfate d'atropine (au millième d'atropine), il a constaté, en se servant de graines d'orge, que l'atropine exerce une influence favorable sur la germination. « Nous serions, dit-il, entraînés beaucoup trop loin si nous voulions rapporter toutes les expériences que nous avons faites sur l'atropine ; elles nous ont convaincu non seulement que l'atropine n'était pas un poison pour les plantes, mais encore qu'elle était pour quelques-unes un *véritable engrais*, et ceci est tellement vrai que les plantes arrosées avec la solution de cet alcaloïde ont mieux et plus vite fleuri que les plantes types ; souvent nous avons fait mélanger à dessein par une main étrangère des échantillons en expérience, soigneusement étiquetés, et toujours nous reconnaissions à distance à leur taille plus élevée, à leur vigueur plus grande, ceux qui étaient arrosés avec l'atropine. Ce qui nous confirmerait dans l'opinion que l'atropine est un engrais, c'est sa prompte disparition dans les plantes ; si une portion de cet alcaloïde peut être retrouvée en nature, il est certain qu'une autre est promptement détruite et qu'une portion pourrait être décomposée dans le sol lui-même » (*loc. cit.*, p. 106).

Les mots *véritable engrais* sont soulignés par l'auteur lui-même, et ceci indique suffisamment sa conviction à l'égard des effets favorables exercés par l'atropine. On remarquera toutefois que Réveil ne s'en tient pas à l'étude de la germination, puisqu'il parle de plantes qui ont fleuri : mais il a consacré aussi des expériences spéciales à la germination, et il dit expressément (p. 105) que « la germination s'est bien faite, et plus vite que dans l'échantillon type » (le témoin).

En 1887, M. A. Marcacci, de Pérouse, a publié un travail (*L'azione degli Alcaloïdi nel regno vegetale et animale*) dans lequel il s'est occupé de l'action de l'atropine. Il n'a pas eu connaissance des recherches de Réveil : du moins il ne les cite pas. Sa méthode a consisté, tantôt à étudier la germination de graines abandonnées pendant 12, 24 ou 48 heures dans une solution titrée d'atropine, et ensuite semées dans un milieu privé d'atropine; tantôt à étudier la germination de graines semées sur du verre pulvérisé, et arrosées avec la solution titrée. Des graines ayant séjourné 72 heures dans une solution de sulfate d'atropine à 1 p. 100 ont donné les résultats suivants. Il a germé 5 graines sur 10 (pois) *i cuique superstiti pero sono in buonissime condizioni, e tali da eguagliare per forza di vegetazione quelli tenuti in acqua semplice.....* (p. 20). Dans une autre expérience (p. 31) les chiffres donnés par M. Marcacci sur la longueur des plantes ayant germé après action de l'atropine, indiquent nettement au contraire que l'atropine exerce une influence défavorable sur la germination du lupin, du maïs, etc. Aussi M. Marcacci conclut-il plutôt à l'action nuisible de l'atropine.

Entre la conclusion de M. Réveil et celle de l'expérimentateur italien, il y a un écart notable.

Avant même de connaître le travail de M. Marcacci, j'avais des doutes à l'égard des conclusions de M. Réveil, et la plupart de mes expériences ont été faites, non avant la publication du mémoire de M. Marcacci (qui date de 1887), mais avant d'en avoir eu connaissance.

Mes expériences ont d'abord été faites de la façon suivante.

De petits pots à onguents sont remplis aux 4/5 de sable de rivière bien lavé à grande eau, puis desséché à la température sèche de 130° ou 150°. Au sable j'ajoute une solution de sulfate d'atropine, titrée, réservant toujours un pot comme témoin, et arrosé d'eau ordinaire (ou d'eau distillée si la solution d'atropine a été faite avec de l'eau distillée). L'eau liquide dépasse le niveau du sable de quelques millimètres (2 à 5) et j'y place 5 ou 10 graines de cresson alénois. Les pots sont ensuite mis sous cloches, à conditions de température et d'aération égales. Le cresson alénois, et d'autres graines d'ailleurs, telles que la lentille, etc., germent parfaitement bien dans ces conditions; elles germent bien encore dans des conditions qui semblent moins favorables encore; elles germent quand elles sont séparées de l'air par une couche de 2 centimètres d'eau, ou plus encore. J'aurai à revenir sur ce point dans un travail prochain, et il me suffit de signaler le fait en passant. Au surplus, le témoin, ou les graines témoins, se trouvent, au point de vue de l'aération, exactement dans les mêmes conditions que les graines à l'atropine : dans les deux cas, je fais couler les graines à fond, au contact du niveau supérieur du sable. Ceci dit, je résume les résultats de mes expériences.

Expérience 1. — Cinq vases renfermant respectivement : du sulfate d'atropine à 1. p. 100 dans de l'eau distillée; de l'eau distillée, témoin du précédent; de l'atropine à 1 p. 200 et à 1 p. 400; et enfin, de l'eau ordinaire, témoin des deux derniers vases où la solution est faite d'un mélange d'eau ordinaire avec la solution titrée à 1 p. 100, à l'eau distillée. Au bout de trois jours, je constate que la germination a lieu partout; mais qu'elle est faible à l'eau distillée; assez bonne dans les solutions d'atropine; bonne dans le témoin à l'eau ordinaire. Quinze jours plus tard, il y a des plantes partout, mais les deux témoins tiennent la tête; et les plantes, dans les solutions d'atropine, sont d'autant moins belles qu'elles correspondent à une solution de titre plus élevé. Tout ayant germé et poussé, je prends les 20 plantes des deux témoins, et les 20 plantes des solutions à 1 p. 100 et 1 p. 200, et je les pèse : le poids des plantes

des témoins = 10 décigrammes; celui des plantes des solutions = 4 décigrammes.

L'influence nuisible de l'atropine est évidente.

Expérience II. — Trois petits vases à fleurs, en terre, perforés par le bas, remplis de terre, plongeant par leur moitié inférieure dans autant de coupelles assez profondes, remplies, l'une d'eau ordinaire, les deux autres d'une solution d'atropine à 1 p. 200 et à 1 p. 800. Tout germe très bien : j'ai mis 40 graines à la surface de la terre de chacun des vases. Au bout d'une dizaine de jours, je pèse les récoltes.

Témoin....................	= 1 gr. 25
Atropine 1/200............	= 1 gr. 25
Atropine 1/800............	= 1 gr. 40

Ici, l'atropine n'a pas exercé d'action nuisible : elle semble même favorable dans un cas. Et pourtant, tout en citant cette expérience, je n'en tiens qu'un compte médiocre. Je ne sais quelles réactions peuvent se produire entre la terre et l'atropine : il me paraît préférable d'écarter la possibilité de ces réactions, en revenant à l'emploi du sable, ou du verre pilé.

Expérience III. — Comme la précédente : pots perforés par le bas plongeant dans des coupelles d'eau ou de solution d'atropine (1 p. 100, 200, 400, et 800) remplis de sable au lieu de terre. Au bout de neuf jours, je pèse les récoltes.

Témoin....................	= 8 décigr.
Atropine 1/100............	= 3 déc. 5
— 1/200............	= 4 déc. 5
— 1/400............	= 7 décigr.
— 1/800............	= 7 décigr.

L'atropine, ici encore, exerce une influence défavorable. Il est à remarquer que dans la solution au centième, le système radiculaire est pour ainsi dire nul : la plante repose sur le sol, n'ayant pour ainsi dire pas de racine, et n'y étant point fixée. Beaucoup de poisons exercent une influence analogue.

Expérience IV. — Un témoin, et deux solutions à 1 p. 1000 et 1 p. 2000. Je remplace le sable par une couche de ouate

hydrophile. Au bout de dix jours je pèse les récoltes, en choisissant dans chaque série les 20 tiges les plus belles.

Récolte	témoin.............	= 55	centigr.
—	atropine 1/1000.....	= 50	—
—	atropine 1/2000.....	= 55	—

L'atropine n'exerce aucune influence stimulante.

Expérience V. — Deux vases bas et larges avec de l'eau ordinaire et une solution à 1 p. 200. Les graines reposent sur une couche de ouate imbibée, et sont exposées au contact de l'air. Je sème 25 graines de cresson alénois et 10 de lin dans chaque vase.

La germination s'effectue dans les deux vases également bien, mais bientôt une différence marquée s'établit. Le cresson témoin a de belles tiges surmontées de feuilles saines, très vertes; les mêmes feuilles s'observent chez les plantes à l'atropine, mais la racine est très petite, et la tige est réduite à des dimensions insignifiantes : elle a une longueur presque nulle, alors que chez le témoin elle a 3 centimètres. Le lin est plus avancé dans le vase témoin. L'atropine ne joue donc guère le rôle d'engrais dans cette expérience.

Expérience VI. — Même dispositif que ci-dessus : témoin et solution à 1 p. 500. Dans chaque vase, 20 graines de cresson alénois et 10 de lin.

Le cresson germe bien : mais dès le cinquième ou sixième jour, on remarque la supériorité du témoin dont les tiges sont plus longues. Il en est de même pour le lin.

Expérience VII. — Cette expérience, tout en se rapportant à la question à élucider, avait encore pour but de rechercher dans quelle mesure deux variétés d'une même espèce peuvent réagir différemment à l'égard d'un même agent extérieur, et dans quelle mesure un hybride entre deux variétés se rapproche ou s'éloigne de l'une ou l'autre des variétés mères, au cas où il y a une différence marquée dans les réactions de celles-ci. Je fis choix de deux variétés de blé, les blés Noé, et prince Albert et le blé Lamed, hybride des deux variétés précédentes. J'avais

un témoin, et deux solutions, à 1 p. 500 et 1 p. 1000. Dans chaque vase je semai 10 graines de chacune de ces variétés (graines provenant des cultures de M. de Vilmorin, et par conséquent présentant toutes les garanties possibles). Je présume que les différentes espèces des graines étaient de même âge, mais n'en suis pas assuré. Ce point, toutefois, n'a pas d'importance pour la question actuelle. J'avais donc trois vases peu profonds, avec ouate, humectés d'eau pure, de solutions de sulfate d'atropine au 1/500 et au 1/1000, et dans chaque vase je mis 10 graines de chacun des blés cités plus haut. Je laisse de côté le détail de l'expérience et le résultat brut est qu'il a germé :

Dans le témoin............	29 graines sur 30.
Dans l'atropine à 1/500.....	19 graines.
Dans l'atropine à 1/1000....	24 graines

L'atropine n'a donc pas favorisé la germination : et ici comme ailleurs, le prétendu engrais est d'autant moins nuisible qu'il y en a moins.

Expérience VIII. — Cette expérience fut faite dans les mêmes conditions que la précédente, avec les trois variétés de blé dont il a été question, et avec deux solutions, au centième et au millième. Le résultat, en laissant de côté les détails dont il sera question ailleurs, a été le suivant :

Témoin...............	11 tiges (sur 15 graines) pesant 1 gr.
Atropine 1/1000......	9 tiges pesant 7 décigr. 5.
Atropine 1/100.......	7 tiges pesant 4 décigr.

Expérience IX. — Dans cette épreuve, j'ai opéré avec plusieurs espèces de graines différentes de celles dont il a été jusqu'ici question. J'avais un vase à atropine (1/500) et un témoin : pour être plus exact, j'avais plusieurs vases de chaque série afin d'éviter l'agglomération excessive des graines. Celles-ci appartenaient aux espèces suivantes : pois, soleil et maïs, dont je mis 5 graines dans chaque série; radis, laitue, cresson alénois, lentille, sarrasin et orge, dont je semai 10 graines dans chaque série (10 graines de chaque espèce).

Au bout de cinq jours, l'état était le suivant, les chiffres indi-

quant le nombre de germinations pour chaque espèce, dans le témoin et dans la solution d'atropine.

	ORGE	MAÏS	CRESSON	RADIS	LAITUE	LENTILLE	SOLEIL	SARRASIN	POIS
Atropine.......	3	3	0	4	6	5	1	2	4
Témoin........	4	2	1	7	5	5	5	2	4

On voit qu'en somme le nombre des germinations est plus grand (35) dans le témoin que dans la solution d'atropine ; mais cette dernière affecte évidemment plus telles espèces que telles autres, le pois, le sarrasin et la lentille semblant indifférents. Quelques jours plus tard je fis un nouvel examen des cultures et je répétai deux fois encore, trois et neuf jours après celui-ci. Je résume les résultats dans le tableau ci-dessous.

		ORGE	MAÏS	CRESSON	RADIS	LAITUE	LENTILLE	SOLEIL	SARRASIN	POIS
3e jour.	Atropine.	3	5	2	4	7	5	1	3	5
	Témoin..	4	3	2	7	4	5	5	3	4
6e jour.	Atropine.	3	5	4	4	6	5	2	3	5
	Témoin..	4	5	3	7	3	5	5	3	5
11e jour.	Atropine.	3	4	4	4	5	5	2	3	4
	Témoin..	5	3	3	7	3	5	5	3	4

Il convient d'ajouter qu'en plusieurs cas (laitue, pois par exemple) des graines qui ont germé au début sont mortes bientôt après, et que les premiers chiffres se rapportent au nombre des germinations, les derniers au nombre des plantules. On remarquera que si d'une façon générale l'atropine est nuisible, il y a des cas où elle a semblé favoriser la vie des graines et des

plantes (laitue par exemple). Cela n'empêche pas qu'en somme l'effet de cet alcaloïde est nuisible. J'ai pesé nombre égal des plus belles plantes des deux séries (3 orges, 3 lentilles, 3 radis, etc.), et pour la série témoin j'ai obtenu le poids de 3^{gr},5; pour la série à l'atropine 2^{gr},8. La différence eût été bien plus considérable si j'avais pesé le total les deux récoltes.

Expérience X. — Comme dans la précédente, j'ai opéré avec différentes espèces de graines : une seule solution à l'atropine a étée mployée (au titre de 1 p. 500), avec le témoin. Les graines étaient d'espèces suivantes : vulpin, avoine, paturin, agrostide, chou, betterave, navet, carotte, moutarde de Chine (20 de chacune dans chaque série). Le chou, le navet et la betterave ont germé en premier, mais avec plus de hâte dans le témoin que dans l'atropine. Le tableau qui suit résume la situation aux 10^e, 14^e et 20^e jours. Les chiffres relatifs au dernier jour ne concernent que les plantules existantes, et non le nombre des germinations.

		BETTERAVE	NAVET	CAROTTE	MOUTARDE	CHOU	AVOINE	VULPIN	AGROSTIDE	PATURIN
10^e jour.	Atropine .	1	10	Égalité (nombre non noté).	11 petites	Nombre non noté mais égal.	Rien.	Rien.	Rien.	Rien.
	Témoin ..	1	15		15 belles.					
14^e jour.	Atropine .	1	11 bonnes.	Égalité (nombre non noté).	12 médiocres	17 petites.	0	1	0	1
	Témoin ..	1	17 belles.		15 belles.	17 belles.	4	4	0	0
20^e jour.	Atropine .	2	11	16	12 faibles.	18 petites.	1	4	0	1
	Témoin ..	2	17 belles.	12	15 belles.	18 belles.	6	9	2	0

Ayant pesé la totalité de la récolte dans chaque série pour le chou, le navet et la moutarde, j'ai obtenu pour le témoin le poids de 15 décigrammes; pour l'atropine le poids de 9,5 décigrammes.

D'une façon générale encore, la supériorité est pour le témoin ;

les cultures à l'atropine sont moins nombreuses et plus chétives que les cultures témoins.

Expérience XI. — Trois séries de cultures, toujours sur ouate hydrophile, les graines étant toujours au contact de l'air, et non submergées : témoin, solution à 1/500, et 1/150. Les graines sont de trois sortes : blé de Noé, orge et maïs ; 25 des premières, et 15 de la dernière.

Le tableau suivant résume les chiffres obtenus (germinations d'abord et plantules en dernier lieu) aux 5e, 8e, 11e, 16e et 21e jours.

		ORGE	MAÏS	BLÉ.
5e jour.	Atropine 1/500 ...	15 germ.	0 germ.	5 germ.
	Atropine 1/1500 ..	18 —	4 —	5 —
	Témoin	15 —	4 —	11 —
8e jour.	Atropine 1/500 ...	5 tiges.	2 tiges.	2 tiges.
	Atropine 1/1500 ..	2 —	2 —	3 —
	Témoin	4 —	7 —	8 —
11e jour.	Atropine 1/500 ...	9 tiges.	0 tiges.	4 tiges.
	Atropine 1/1500 ..	7 —	2 —	4 —
	Témoin	8 —	5 —	10 —
16e jour.	Atropine 1/500 ...	11 tiges.	0 tiges.	8 tiges.
	Atropine 1/1500 ..	9 —	2 —	5 —
	Témoin	10 —	4 —	15 —
21e jour.	Atropine 1/500 ...	11 tiges.	0 tiges.	9 tiges.
	Atropine	11 —	2 —	6 —
	Témoin 1/1500 ...	11 —	4 —	15 —

On voit que dans différents cas, les plantules meurent au cours de l'expérience. A ces données je joindrai les pesées faites le 21e jour, à la cessation de cette épreuve.

Orge :	Témoin	=	11 décigr. 5
	Atropine à 1/500	=	12 décigr.
	Atropine à 1/1500	=	9 décigr. 5
Blé :	Témoin	=	1 gr. 6
	Atropine à 1/500	=	8 décigr.
	Atropine à 1/1500	=	7 décigr. 5

Je n'ai point fait de pesées pour le maïs : mais l'avantage du témoin est évident (4 contre 2 et 0).

Au total, pour les trois espèces considérées, nous avons :

Dans le témoin	30 plantes.
Dans l'atropine à 1/500	20 —
Dans l'atropine à 1/1500	19 —

On ne peut dire que l'atropine exerce une action favorable.

Expérience XII. — Un témoin et deux solutions d'atropine à 1 p. 500 et 1 p. 1500. Dans chaque soucoupe, 20 graines d'orge.

7[e] jour :

Témoin	= 20 germ.
Atropine 1/500	= 15 —
Atropine 1/1500	= 14 —

Le témoin l'emporte donc dès le début.

Au 11[e] jour la situation est la suivante :

Témoin = 17; sol. 1/500 = 13; sol. 1/1500 = 14.

Au 16[e] jour, l'état est le suivant :

Témoin	17 tiges (dont 1 très récente)	pesant 2 gr. 1
Atropine 1/500	15 tiges (dont 2 récentes)	pesant 1 gr. 7
Atropine 1/1500	15 tiges (dont 1 récente)	pesant 1 gr. 85

Ici non plus, on ne voit pas que l'atropine soit particulièrement favorable à la végétation.

Expérience XIII. — Un témoin, et solution à 1/500 et 1/1500. Dans chaque vase, 20 graines de blé de Noé.

Au bout de 15 jours, voici les résultats obtenus :

Témoin	20 tiges pesant	1 gr. 8
Atropine 1/500	11 —	6 décigr.
Atropine 1/1500	11 —	1 gr. 25

Conclusions. — En résumé, les espèces de graines précédentes peuvent se partager en trois catégories.

Dans la première, je placerai celles à qui l'atropine est défavorable : ce sont le blé (3 expériences), l'orge (3 expériences aussi), le cresson alénois (6 expériences), le radis (2 expériences), le soleil (2 expériences), le maïs, le navet, la moutarde, l'avoine, le vulpin, l'agrostide (1 expérience chacune).

Dans la seconde, je placerai la betterave, le chou, la lentille, le sarrasin, le pois, à qui l'atropine semble indifférente, la germination et la croissance étant à peu près les mêmes dans les deux séries de cultures. Enfin, dans la troisième, entreront la carotte, le paturin, la laitue, sur qui l'atropine peut sembler exercer une action favorable. On notera toutefois que sauf la laitue pour qui le fait a été observé deux fois (dans les deux seules expériences faites avec cette graine), l'action favorable de l'atropine n'a été constatée qu'une seule fois pour les autres plantes, ce qui est insuffisant pour établir une conclusion de quelque valeur. Peut-être existe-t-il des graines sur la germination desquelles l'atropine exerce une action favorable, mais le fait n'est point assuré. La majorité de celles sur lesquelles j'ai expérimenté ne retirent manifestement de la présence de l'alcaloïde, aucun avantage. Cela est bien marqué, en particulier pour le cresson alénois : dans presque toutes les expériences, le poids de la récolte dans le témoin est supérieur au poids de la récolte dans les solutions d'atropine, et, généralement, le poids est d'autant plus faible que la proportion d'atropine est plus considérable. Cela est également marqué pour le blé.

Si nous résumons les chiffres du total des graines semées dans les témoins, et dans les solutions à 1/500 et à 1/1500, nous avons, pour 75 graines de chaque série : 64 germinations dans le témoin; 39 dans la solution à 1 p. 500; 41 dans la solution à 1 p. 1500. Il en va de même pour l'orge, bien que la différence soit moins accentuée (28 pour le témoin contre 26 et 26 pour les solutions à 1/500 et 1/1500) ; et pour le navet, la moutarde, l'avoine, le vulpin, le soleil, le radis, il y a encore prépondérance marquée du nombre ou du poids des plantes

témoins sur le nombre ou le poids des plantes traitées par l'atropine. Sur d'autres espèces, il y a des réserves à faire : tel est le cas pour le pois, le sarrasin, la lentille, le chou, la betterave. Il y a là des expériences à reprendre, et à répéter avant de conclure à l'existence d'espèces à qui l'atropine est favorable, ou au moins indifférente. En tous cas, il me paraît bien clair qu'il y a des graines à qui l'atropine n'est pas favorable, des espèces chez qui l'atropine ne favorise ni la germination ni la croissance, des espèces qui germent et croissent d'autant moins qu'elles vivent dans un milieu plus riche en cet alcaloïde, la croissance ou la germination étant optima dans le témoin, très médiocre dans la solution riche en atropine, assez bonne (mais encore inférieure à ce qu'elle est dans le témoin) dans la solution la plus pauvre en atropine.

Si donc l'atropine peut constituer un *véritable engrais*, comme l'a affirmé Réveil, en employant les doses et l'une des espèces végétales que j'ai à mon tour utilisées, le fait n'est certainement pas exact d'une façon générale et absolue. Réveil n'indique pas, malheureusement, les espèces sur lesquelles il a opéré, il n'en indique qu'une, du moins; et d'autre part, nous ne savons si toutes ses expériences ont été faites dans des conditions uniformes. Il me paraît que pour bien élucider l'influence de l'atropine ou de telle autre substance, il est nécessaire d'éliminer toutes les chances de réaction du milieu, toutes les chances de modification de la substance expérimentée par le milieu où pousse la plante. C'est pourquoi j'ai préféré les semis sur sable ou sur ouate, aux semis sur terre. Il se pourrait fort bien que dans un cas, une substance fût nuisible; et dans l'autre utile : mais n'est-il pas évident qu'il faut expérimenter dans les conditions où la substance en expérience risque le moins d'être altérée? Ira-t-on étudier l'influence du sulfate de cuivre par exemple, en faisant sa solution avec de l'eau ordinaire, ou en se servant de terre comme milieu d'ensemencement? Non, parce que différentes substances de l'eau de rivière et de la terre végétale précipitent le sulfate à l'état de sel insoluble, et dès lors, on ne peut plus étudier l'influence du sulfate. Peut-être,

dans les expériences de Réveil y a-t-il eu quelque cause d'erreur qui lui échappa : en tous cas, les expériences que j'ai faites s'opposent nettement à la généralisation de la conclusion qu'il a formulée en termes si catégoriques : l'atropine n'est pas, dans la plupart des cas que j'ai observés, favorable à la germination; elle ne joue point, non plus, dans le développement de la jeune plante, le rôle d'engrais qu'on lui accorde; les germinations étant généralement plus rares, et le développement des plantes inférieur dans les solutions d'atropine comparées au témoin.

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par M. E. AUBERT *(Suite).*

Boussingault a trouvé que les feuilles vertes des végétaux ordinaires dégagent un volume d'oxygène à peu près égal au volume d'acide carbonique qu'elles ont absorbé.

D'après M. Mayer, les plantes grasses émettent de l'oxygène dans une atmosphère dépourvue d'acide carbonique : telle est donc une différence importante entre ces deux catégories de plantes.

En me servant d'appareils identiques à ceux que j'ai décrits au sujet de la respiration des plantes grasses, j'ai constaté, par de nombreuses expériences réalisées avec une lumière d'intensité variable et à des températures très diverses, que les plantes grasses peuvent présenter les échanges gazeux variés, définis par MM. Bonnier et Mangin et relatés plus haut.

1° *Dégagement d'oxygène dans une atmosphère sans acide carbonique.*

Le dégagement d'oxygène à la lumière est très fréquent chez les plantes grasses contenues dans une atmosphère confinée *qui ne renfermait primitivement aucune trace d'acide carbonique*, et qui ne contient pendant l'expérience que l'acide carbonique résultant de leur respiration.

Ainsi la plante, placée dès le début dans un appareil sans acide carbonique, modifiera la plupart du temps l'atmosphère environnante en l'enrichissant en oxygène. Elle décompose l'acide carbonique avant que ce gaz ne se soit dégagé en dehors d'elle.

Les exemples suivants sont nombreux et convaincants. Ils ne repésentent cependant qu'une faible partie de ceux que j'aurais pu mentionner.

I. — Dégagement d'oxygène.

Noms des familles.	Noms des espèces.	Date de l'expérience.	Température.	Lumière.	Gaz initial. Oxygène p. 100.	Gaz final. Oxygène p. 100.	Vol. d'O dégagé en mill. cub. p. 1 gr. de poids frais en 1 h.
Crassulacées	*Sedum album*	3 IV	14°	Lum. diffuse vive.	20.59	21.56	16.1
	— *carneum*	id.	14	id.	20.59	21.28	17.6
	— *acre*	id.	14	id.	20.59	21.40	13.4
	— *acre*	14 VI	17	id.	20.42	21.51	23.95
	— *reflexum*	7 VII	28	Soleil vif.	20.70	21.43	19.3
	— *Telephium*	23 VII	24	Lum. diffuse vive.	20.79	21.61	19.8
	— *dendroideum*	2 IV	12	id.	20.46	24.04	36.1
	Crassula arborescens	25 III	14	id.	20.59	25.02	29.5
	—	4 V	18	Soleil	20.53	24.79	37.3
	—	29 V	20	Lum. diffuse vive.	20.65	30.24	71.0
Mésembryanthémées.	*Mesembrianthemum deltoides*	23 III	8	Soleil.	20.58	21.41	12.2
Cactées	*Pereskia aculeata*	23 VII	24	Lum. diffuse vive.	20.79	20.90	5.26
	Phyllocactus grandiflorus	30 IV	16	id.	20.67	24.48	44.44
	—	4 V	18	Soleil.	20.53	24.34	52.9
	—	10 VI	20	id.	20.44	25.35	43.1
	Opuntia tomentosa	16 IV	16	Lum. diffuse vive.	20.66	25.72	21.7
	—	2 VII	33	Soleil vif.	20.79	29.11	120.6
	Opuntia maxima	30 IV	16	Lum. diffuse vive.	20.67	28.38	22.10
	— *dejecta*	4 V	18	Soleil.	20.53	24.07	37.2
	— *monacantha*	25 V	20	Lum. diffuse vive.	20.70	21.82	9.6
	— —	25 V	20	id.	20.77	21.93	24.5
Euphorbiacées	*Euphorbia rhipsaloides*	9 VII	24	id.	20.77	31.58	216.3
Liliacées	*Aloe spinosa*	6 IV	10	Ciel couvert.	20.70	21.00	5.9

Le fait signalé par M. Mayer pour quelques végétaux de la famille des Crassulacées s'étend donc à toutes les plantes grasses sans exception.

Il importe de remarquer que, dans tous les exemples cités plus haut, le dégagement d'oxygène est obtenu :

1° *A basse température*, même avec un ciel couvert et peu de lumière diffuse ;

2° *A une température moyenne*, avec beaucoup de lumière diffuse, c'est-à-dire un ciel très peu couvert ou un ciel clair dans lequel se déplacent des nuages plus ou moins nombreux;

3° *A une température élevée*, lorsque le soleil est très vif.

2° *Absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique.*

On sait que l'*activité respiratoire augmente, jusqu'à une certaine limite, avec la température;* il peut se faire que, *pour une lumière d'intensité donnée*, alors que l'assimilation l'emporte sur la respiration, à la température de 15° par exemple, la respiration arrive à prédominer sur l'assimilation à la température de 25°. Ainsi, dans cette hypothèse, à 15° on constatera un dégagement d'oxygène et une absorption d'acide carbonique, tandis qu'à 25° on obtiendra un dégagement d'acide carbonique et une absorption d'oxygène.

Ce phénomène m'a été offert quelquefois par les plantes grasses.

II. — Absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique.

Noms des familles.	Noms des espèces.	Date de l'expérience.	Température.	Lumière.	Gaz initial. Oxygène pour 100.	Gaz final rapporté à la même proportion d'Az qu'au début.		Vol. en mill. cub. p. 1 gr. de poids frais en 1 heure	
						Oxygène	CO^2 dégagé	O absorbé	CO^2 dégagé.
Crassulacées..	*Sedum album*........	28 I	15°	Ciel couvert.	20.49	19.05	0.87	25.8	15.6
	— *dendroideum*..	2 IV	29	Lum. diffuse faible.	20.70	19.80	1.26	9.87	13.8
	— —	13 IV	21	id.	20.72	19.70	2.37	»	»
	Crassula arborescens..	25 III	36	Ciel couvert.	20.59	15.85	6.83	35.7	51.4
Mésembryanthémées.....	*Mesembryanthemum deltoides*..........	23 III	31	id.	20.58	19.32	1.81	39	35.7
		6 VI	23	id.	20.53	19.89	0.77	11.8	14.2
		2 VII	33	Soleil.	20.79	20.40	0.43	4.9	3.4
	Mesembry. Cooperi....	29 I	16	Lum. diffuse faible.	20.33	20.15	0.13	1.7	1.6
Cactées....	*Pereskia aculeata*.....	10 VI	20	Soleil.	20.44	20.39	0.00	2.5	»
	Cereus lanuginosus...	31 XII	12	Lum. très faible.	20.69	19.13	0.73	8.4	3.9
	— *serpentinus*...	id.	12	id.	20.49	16.76	1.84	10.1	5
	— *grandiflorus*..	3 I	12	id.	20.49	19.10	0.52	16.5	6.2
	— *rostratus*.....	id.	12	id.	20.49	19.24	0.88	23.2	16.34

Je n'ai obtenu, avec les plantes très charnues comme les Cactées, le phénomène simultané de l'absorption d'oxygène et du dégagement d'acide carbonique que pendant l'hiver et à basse température avec une lumière diffuse excessivement faible. La plus grande partie des tissus de ces végétaux est ainsi dans l'obscurité, la cuticule étant suffisamment épaisse pour arrêter toute la lumière.

3° *Dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique.*

Dans une note (1) à la Société de Biologie, lue en séance du 11 avril 1891, j'ai fait connaître par quelques exemples que *les Cactées dégagent simultanément de l'oxygène et de l'acide carbonique :*

1° *Quand la température est voisine de celle des régions équatoriales, alors que les plantes sont exposées à une lumière diffuse de moyenne intensité ;*

2° *Quand, la température étant peu élevée, la lumière a une faible intensité.*

Ce dégagement simultané avait été prévu jusque-là comme phénomène transitoire et, par suite, de peu de durée, lorsque s'établit la lutte entre l'assimilation et la respiration d'une plante quelconque, soit au début soit à la fin d'une journée.

Or *ce phénomène est très général chez les Cactées* où j'ai pu le constater à chaque instant dans mes expériences d'avril à juillet 1891 ; il s'applique de même aux autres familles de végétaux charnus ; dans deux ou trois circonstances, je l'ai même observé avec des plantes ordinaires encore pourvues de leurs cotylédons, à l'état jeune.

C'est avec le *Sedum dendroideum* que, pour la première fois, s'est manifesté le dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique dans une de mes expériences à la lumière chez les Crassulacées. J'y parvins en choisissant les jours d'expérience de telle sorte que, tout en augmentant peu à peu la lumière et par

(1) E. Aubert : *Note sur un phénomène physiologique qu'on observe dans les échanges gazeux chez certaines plantes grasses.* (Mémoires de la Société de Biologie, 1891.)

suite l'assimilation, je diminuais la température et par suite l'intensité de la respiration.

Ces essais ont eu lieu en avril 1891.

Sedum dendroideum.

Date de l'expérience.	Température.	Lumière.	Gaz initial.	Gaz final ramené à la même proportion d'azote.		Variations p. 100. du gaz pendant l'expérience.	
				Oxygène.	CO^2.	Oxygène	CO^2.
2 avril..	29°	Ciel un peu couvert............	20.70	19.80	1.28	— 0.90	+ 1.28
13 —	21	Ciel couvert pendant 2 heures; puis soleil voilé par le brouillard.	20.72	19.70	2.37	— 1.02	+ 2.37
15 —	19	Soleil moins voilé que le 13 avril..	20.61	21.08	0.21	+ 0.47	+ 0.21
2 —	12	Ciel un peu couvert............	20.46	24.04	0.00	+ 3.58	0.00

Ainsi le 15 avril, j'obtins à la température de 19°, sous l'influence de la lumière solaire peu active, un dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique par une expérience qui dura sept heures.

La lutte entre l'assimilation et la respiration est parfaitement traduite aux diverses températures de 29° à 12° et sous l'influence d'une lumière d'intensité variable, dans ces quatre expériences du 2 au 15 avril.

Le tableau qui suit contient quelques-uns des exemples du dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique, obtenus par l'étude de l'influence de la lumière sur des plantes grasses appartenant à diverses familles.

III. — Dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique.

Noms des familles.	Noms des espèces.	Date de l'expérience.	Température.	Lumière.	Gaz initial. Oxygène p. 100.	Gaz final rapporté à la proportion initiale d'azote. Oxygène.	CO^2.	Vol. en mmc. par gr. de poids frais, en 1 h. O dég.	CO^2 dég.
Crassulacées.	*Sedum album*	10 VI	20°	Soleil.	20.44	21.63	0.22	15.6	2.9
	— *carneum*	2 VII	33	id.	20.79	22.48	0.11	39.7	2.6
	— *acre*	6 VI	23	Soleil par intervalles.	20.53	22.47	0.67	34.1	11.8
	— *reflexum*	2 VII	33	Soleil.	20.79	21.64	0.21	34.3	8.6
	— *reflexum*	13 VII	26	id.	20.83	21.96	0.09	28.6	2.3
	Crassula arborescens . . .	2 VII	33	id.	20.79	38.61	0.57	124.3	4
	Rochea falcata.	6 VI	23	Soleil par intervalles.	20.53	27.1	0.44	36.6	2.44
Mésembryant.	*Mesembry. cristallinum* . .	23 VII	24	Ciel couvert; qq. éclaircies.	20.79	20.81	0.14	0.8	5.5
Cactées. . .	*Phyllocactus grandiflorus* .	28 V	20	Lum. diffuse vive.	20.79	23.18	0.21	29.7	2.6
	Opuntia tomentosa	27 III	35	Ciel couvert.	20.61	21.15	2.18	4.7	18.9
	— *tomentosa*	29 VI	26	Lumière diffuse vive.	20.74	28.70	0.43	85.3	4.6
	Opuntia cylindrica	14 I	15	id.	20.53	20.74	0.50	0.85	2
	— *cylindrica*	4 IV	14	Ciel couvert.	20.60	26.79	0.32	8.9	0.46
	Opuntia maxima	10 VI	20	Soleil.	20.44	29.35	0.50	25.2	1.4
	— *subulata*.	30 IV	16	Lumière diffuse vive.	20.67	22.46	1.04	6.3	3.7
	— *dejecta*	30 IV	16	id.	20.67	22.66	3.43	7	12
	— *robusta*	11 VII	30	Soleil.	20.62 { 0.08 de CO^2.	42.80	0.97	30.11	1.21
	Cereus macrogonus	16 IV	22	id.	20.66	29	0.23	16.7	0.46
	Mamillaria Newmanniana.	2 VII	33	id.	20.79	28.94	0.27	43.2	1.4
Euphorbiacées	*Euphorbia mamillaris*. . .	9 VII	24	id.	20.77	39.66	0.20	145.5	1.54
Composées . .	*Kleinia articulata*.	9 VII	24	id.	20.77	27.35	0.23	28.2	1

Tout en constatant la généralité du phénomène par lequel les plantes grasses dégagent à la fois de l'oxygène et de l'acide carbonique à la lumière, dans les conditions que j'ai définies plus haut, je dois cependant faire remarquer que, sauf dans quelques cas très rares, l'acide carbonique ne s'est dégagé qu'en faible quantité. Ce dégagement me paraît dû le plus souvent à une sorte de drainage effectué par l'oxygène qui sort de la plante.

En effet, dans une plante grasse, la partie profonde du parenchyme est sans chlorophylle, et cependant les acides organiques y sont mis en réserve aussi bien que dans les régions superficielles, en vertu des échanges osmotiques de cellule à cellule. Or, à la lumière et sous l'influence de la chaleur, plus grande même à l'intérieur de la plante que dans l'air extérieur. ces acides organiques se décomposent, en même temps que la partie profonde du parenchyme respire et n'assimile pas. L'oxygène dégagé par la décomposition des acides organiques étant en général supérieur en volume à celui qu'utilise la plante pour sa respiration, l'excès d'oxygène se dégage en entraînant avec lui l'acide carbonique dû à la respiration du parenchyme incolore. Une partie seulement de cet acide carbonique est réduite lors de son passage à travers le parenchyme chlorophyllien et l'autre partie sort de la plante.

Telle me paraît être l'explication la plus plausible de ce phénomène. S'il n'est pas constaté chez les plantes vertes ordinaires, c'est que celles-ci ont, en général, un parenchyme peu développé, entièrement chlorophyllien, et que l'assimilation y est beaucoup plus active que chez les végétaux charnus. Non seulement les plantes vertes ordinaires sont capables de décomposer à la lumière l'acide carbonique qu'elles exhalent en respirant, mais encore elles peuvent décomposer une partie de ce même gaz préalablement introduit dans l'atmosphère qui les entoure.

En résumé, les plantes grasses se comportent à la lumière comme les végétaux : c'est-à-dire qu'elles absorbent de l'acide

carbonique et dégagent de l'oxygène. Toutefois, comme l'ont montré Th. de Saussure pour l'*Opuntia vulgaris* et M. Mayer pour quelques Crassulacées, j'ai vérifié que :

1° *Les plantes grasses, à quelque famille qu'elles appartiennent, peuvent dégager de l'oxygène, à une lumière d'intensité suffisante, même dans une atmosphère dépourvue d'acide carbonique* ;

2° *La valeur* $\frac{O}{C} = R$, concernant les échanges gazeux des plantes grasses à la lumière, *est, sauf de très rares exceptions, plus grande que l'unité, et d'autant plus grande que la plante est plus charnue* ;

3° *Les plantes grasses, surtout les plus charnues, dégagent fréquemment, à la lumière, à la fois de l'oxygène et de l'acide carbonique.*

§ 2. — L'ASSIMILATION CHLOROPHYLLIENNE.

Méthode employée. — De même que j'ai entrepris dans le premier chapitre de ce travail l'étude de la respiration comparée des plantes grasses et des végétaux ordinaires, de même j'ai voulu établir la comparaison des résultats de l'assimilation chlorophyllienne chez ces deux catégories de plantes. Je me suis inspiré, pour ce nouveau genre de recherches, de la méthode imaginée par MM. Bonnier et Mangin, dont j'ai dit quelques mots dans l'introduction.

Cette méthode consiste à étudier :

1° La respiration des plantes en en comparant l'intensité à la lumière et à l'obscurité ;

2° La résultante de la respiration et de l'action chlorophyllienne superposées, et de tirer des nombres obtenus les résultats se rapportant à l'assimilation chlorophyllienne seule.

Quatre procédés ont été mis en œuvre par les deux savants physiologistes pour séparer les deux phénomènes de la respiration et de l'assimilation, contrôler les résultats et s'assurer de leur exactitude :

a. Le procédé de l'exposition successive à l'obscurité et à la lumière ;

b. Le procédé des anesthésiques ;

c. Le procédé de la baryte ;

d. Le procédé de la comparaison de branches inégalement vertes.

Ces divers procédés, applicables sans difficulté aux plantes ordinaires, présentent des inconvénients lorsqu'il s'agit des plantes grasses.

L'étude de la respiration nous a montré, en effet, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ indépendant de la température et du moment auquel on réalise l'expérience chez les plantes ordinaires, tandis que chez les plantes grasses, ce rapport peut diverger, pour une même espèce, avec ces diverses conditions. Or une plante grasse ne pouvant être indifféremment exposée à telle ou telle heure à l'obscurité sans que ses échanges gazeux varient (régis qu'ils sont par la production d'acides organiques), il est préférable d'exposer, *à la même heure*, deux plantes ou portions de plantes aussi comparables que possible, l'une à l'obscurité, l'autre à la lumière, dans les mêmes conditions de température, d'humidité, etc.

Une autre raison en faveur de cette manière d'agir est la lenteur des échanges gazeux des plantes grasses qui nécessitent un séjour de six à dix heures dans une atmosphère confinée, pour la modifier à peu près autant que le feraient, en général, des plantes ordinaires en deux ou trois heures. Il est donc plus commode et plus normal, à la fois, de mettre les plantes le matin dans leurs éprouvettes respectives et d'en étudier le soir les échanges.

Le procédé des anesthésiques est inapplicable ; car il est impossible, à cause de l'épaisseur des tissus, de vérifier si une plante grasse, après le traitement par le chloroforme par exemple, présente les mêmes propriétés qu'avant : l'anesthésique ne devant disparaître qu'après plusieurs heures et souvent plusieurs jours.

Le procédé de la baryte n'est pas d'une application rigoureuse chez les plantes grasses, parce que l'acide carbonique qui prend

naissance par la respiration des tissus y demeure retenu plus ou moins dans les lacunes. Or, dans les conditions ordinaires, une notable partie de cet acide est décomposée avant d'avoir pu se dégager, surtout chez les végétaux très charnus. Si donc on plaçait ces plantes dans une atmosphère dont la baryte absorberait l'acide carbonique à mesure de son apparition, on conçoit que la tension de ce gaz dans l'atmosphère extérieure à la plante, constamment inférieure à ce qu'elle est dans son atmosphère interne, lui ferait subir, de dedans en dehors, un drainage hors de proportion avec le phénomène habituel. Ainsi les résultats se trouveraient en désaccord avec les phénomènes ordinaires.

Enfin le procédé de la comparaison de branches inégalement vertes ne peut être appliqué chez les plantes grasses dont le développement est très lent. La chlorophylle a toujours pu apparaître dans un organe jeune avant qu'il fût question de l'expérimenter.

Le premier des quatre procédés employés par MM. Bonnier et Mangin est donc le seul applicable aux plantes grasses dans les conditions que j'ai signalées plus haut.

Les mêmes auteurs ont fait observer que l'intensité de la respiration diminue à la lumière et qu'elle est comprise entre les $\frac{2}{3}$ (à la lumière diffuse vive) et les $\frac{19}{20}$ (à la lumière diffuse faible) de l'intensité respiratoire à l'obscurité. L'exposition d'une plante grasse à la lumière diffuse, même très faible, détermine la décomposition des acides organiques et un dégagement d'oxygène, de telle sorte qu'il me paraît impossible pour diverses raisons (dégagement d'oxygène, drainage de l'acide carbonique par la baryte) de déterminer l'influence de la lumière sur l'intensité de la respiration des végétaux charnus.

J'admettrai simplement que cette respiration est la même à la lumière et à l'obscurité. D'ailleurs, pour les végétaux très charnus et à cuticule épaisse comme les Cactées, quelque vive que soit la lumière, elle ne pénètre que difficilement au centre de la plante, et le parenchyme interne (sans chlorophylle d'ailleurs,

ce qui prouve que la lumière n'y accède pas facilement) respire à peu près comme à l'obscurité.

L'erreur, commise en vertu de cette hypothèse, est donc de moindre importance qu'on pourrait le croire.

La méthode expérimentale une fois établie, au lieu de comparer seulement les modifications apportées par la plante en expérience dans la composition centésimale du gaz où elle est plongée, j'ai préféré comparer les volumes gazeux échangés.

Cette manière de procéder présente un double avantage, à mon avis :

1° Elle donne le rapport $\frac{O}{C}$ avec la même exactitude;

2° Elle permet de comparer l'influence de la température et de la lumière sur l'intensité des échanges gazeux.

1° Résultats numériques.

Pour exposer les résultats numériques concernant l'assimilation chlorophyllienne des végétaux, il faut donner, en même temps, les nombres obtenus par l'étude de leur respiration à l'obscurité et par l'étude de l'action de la lumière sur ces plantes. Les volumes d'oxygène et d'acide carbonique, absorbés ou dégagés à la lumière et à l'obscurité étant connus, on en déduira, par une marche indiquée plus loin, la valeur a du rapport $\frac{O}{C}$.

Ces résultats sont contenus dans les tableaux suivants.

IV. — **Crassulacées et Mésembrianthémées.**

NOMS des ESPÈCES.	NATURE de LA PLANTE.	TEMPÉRATURE.	DATE DE L'EXPÉRIENCE.	LUMIÈRE.	VOL. EN MILL. CUBES DES GAZ ÉCHANGÉS par 1 gr. de poids frais, en 1 h : à la lumière. Résultante (6).		à l'obscurité. Respiration (7).			NOMBRES provenant de la comparaison de (6) et (7). Assimilation chlorophyll.			MOYENNE de *a* dans diverses expériences. à la lumière	
					O dégagé.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	CO^2 dégagé.	$\frac{CO^2}{O}$	O dégagé.	CO^2 absorbé.	$\frac{O}{C} = a.$	vive.	faible
Sedum carneum.	Jeunes tiges.	18°	21 IV	Soleil.	1.54	6.3	70.6	67.3	0.95	72.14	60.95	1.18	1.32	
	Tig. plus âgées.	21	22 V	id.	24	»	85.9	85.5	1	109.9	85.5	1.29		
	Grandes tiges.	32	2 VII	id.	39.7	2.6	107.6	97.8	0.91	147.3	95.2	1.55		
	Jeunes tiges.	14	3 IV	Ciel couvert.	17.6	»	66	58.4	0.88	83.6	58.4	1.43		1.43
Sedum album.	Grandes tiges.	20	10 VI	Soleil.	15.65	2.9	77.5	82.4	1.06	93.15	79.5	1.17	1.12	
	id.	14	3 IV	Ciel couvert.	16.1	»	56.65	54.5	0.96	72.75	54.5	1.34		1.24
Sedum acre.	Jeunes tiges.	21	22 V	Soleil.	23.34	»	93.66	89.2	0.95	117	89.2	1.31	1.28	
	Grandes tiges.	24	20 VI	id.	26.8	»	92.2	91.7	1	119	91.7	1.29		
	Jeunes tiges.	14	3 IV	Ciel couvert.	13.4	»	72.45	61.4	0.85	85.85	61.4	1.40		1.28
Sed. reflexum.	Jeunes tiges.	28	7 VII	Soleil.	19.3	»	79.7	85.7	1.07	99	85.7	1.15	1.24	
	Grandes tiges.	32	2 VII	id.	34.3	8.6	124	121.6	0.98	158.3	113	1.40		
	— tiges.	26	13 VII	Ciel couvert.	28.6	2.3	92.9	92.9	1	121.5	90.6	1.34		1.27
Sedum Telephium.	Grandes tiges.	32	2 VII	Soleil.	51.2	»	204.7	206.8	1	255.9	206.8	1.24	1.24	
	Jeunes —	24	23 VII	Ciel couvert.	19.8	»	71.7	68.3	0.95	91.5	68.3	1.34		1.34
Rochea falcata.	Feuilles . . .	23	6 VI	Lum. moy.	36.6	2.44	26.74	24.76	0.92	63.34	22.3	2.84	2.84	
Crassula arborescens.	Rameau feuillé.	32	2 VII	Soleil.	124.3	4	65.1	57.1	0.88	189.4	53.1	3.57	2.87	
	id.	14	25 III	Ciel couvert.	29.5	»	21.74	19.4	0.89	51.24	19.4	2.64		2.71
	id.	13	19 III	Ciel tr. couv.	28.66	»	16.6	14.4	0.87	45.26	14.4	3.14		
Mesembrianthemum deltoides.	Rameau feuillé.	8	23 III	Soleil.	12.2	»	32.9	28.8	0.88	45.1	28.8	1.56	1.26	
	id.	12	19 IV	id.	— 6.6	8.1	57.8	50.7	0.88	51.2	42.6	1.20		
	id.	32	2 VII	id.	— 4.9	3.4	62.1	54	0.87	57.2	50.6	1.13		
	id.	15	5 II	Ciel couvert.	—31.2	25.5	72.3	55.6	0.77	41.1	30.1	1.36		1.25
	id.	23	6 VI	id.	—11.8	14.2	77.6	72.2	0.93	65.8	58	1.14		

V. — Cactées et diverses plantes grasses.

NOMS des ESPÈCES.	NATURE de LA PLANTE.	TEMPÉRATURE.	DATE DE L'EXPÉRIENCE.	LUMIÈRE.	VOL. EN MILL. CUBES DES GAZ ÉCHANGÉS. par 1 gr. de poids frais, en 1 h. — à la lumière. Résultante (6). O dégagé.	CO2 dégagé,	à l'obscurité. Respiration (7). O absorbé.	CO2 dégagé.	$\frac{CO^2}{O}$	NOMBRES provenant de la comparaison de (6) et (7). Assimilation chlorophyll. O dégagé.	CO2 absorbé.	$\frac{O}{C} = a.$	MOYENNE de a dans diverses expériences à la lumière — vive.	faible
Pereskia aculeata.	Jeune tig. feuil.	20°	10 VI	Soleil.	— 2.5	»	289.4	253.8	0.88	286.9	253.8	1.13	1.13	
	id.	24	23 VII	Ciel couvert.	5.3	»	170.5	155	0.91	175.8	155	1.13		1.13
Phyllocactus grandiflorus.	Ram. un p. âgé.	20	28 V	Soleil.	29.7	2.6	64.4	50.3	0.78	94.1	47.7	1.97	1.97	
	Rameau jeune..	24	23 VII	Ciel couvert.	73.2	1.1	64.5	62.1	0.96	137.7	61	2.26		2.26
Opuntia monacantha.	Raq. de plus. m.	20	29 V	Soleil.	29.55	0.74	45 3	40.44	0.89	74.85	39.7	1.88	1.88	
	Raq. très jeune.	26	29 VI	Ciel couvert.	43.7	5.4	95.5	94.6	0.90	139.2	89.2	1.56		
	— plus âgée.	26	id.	id.	51.2	1.64	58.7	52.9	0.90	109.9	51.26	2.14		2.20
	— âgée......	26	id.	id.	75.54	3.3	41.2	43.36	1.05	116.74	40.06	2.91		
Opuntia tomentosa.	Raquette jeune.	33	2 VII	Soleil.	120.6	»	49.8	36.4	0.73	170.4	36.4	4.68		
	— d'un an.	33	1er VI	id.	39.45	0.8	26.8	19.7	0.73	66.25	18.9	3.50	4.09	
	— jeune.	24	23 VII	Ciel couvert.	56	0.5	22	10.8	0.49	78	10.3	7.59		4.98
	— d'un an.	35	27 III	id.	4.7	18.9	37.2	36.5	0.98	41.9	17.6	2.38		
Op. cylindrica.	»	14	4 IV	Ciel couvert.	8.9	0.46	8.	4.5	0.56	16.9	4.04	4.19	2.50	
Op. maxima.	— de qq. sem.	20	10 VI	Soleil.	25.2	1.4	24.75	22.5	0.90	49.95	21.1	2.37		
Rhipsalis salicor.	»	18	15 V	id.	53.2	»	29.2	30.45	1.04	82.4	30.45	2.71		
Mamill. Newma.	Plante de 3 ans.	33	2 VII	id.	43.2	1.4	27.4	21.55	0.79	70.6	20.15	3.51		
Euph. mamillar.	Jeunes tiges....	24	9 VII	Soleil.	145.5	1.54	62	64.6	1.04	207.5	63.06	3.29		
Aloe pinosa.	Tig. feuil. jeune.	24	23 VII	Ciel couvert.	30.5	0.5	31	25.6	0.82	61.5	25.1	2.45		
Kleinia articul.	Tige renflée....	24	9 VII	Soleil.	28.2	1	29.7	29.5	0.99	57.9	28.5	2.03		

VI. — **Plantes ordinaires.**

Noms des espèces.	Température.	Date de l'expérience.	Valeurs de $\frac{O}{C} = a$	Moyenne de a.
Lupinus albus	13°	25 III	1.12	1.10
	18	24 IV	1.10	
	21	22 V	1.10	
	32	1er VI	1.06	
Faba vulgaris	14	27 III	1.13	1.11
	12	8 IV	1.14	
	21	19 IV	1.05	
Calamintha Nepeta	24	24 VII	1.05	1.05
Mirabilis Jalapa	18	15 V	1.19	1.18
	20	28 V	1.13	
	31	2 VII	1.23	
Hedera Helix	20	10 VI	1.13	1.13
Ricinus communis	20	28 V	1.12	1.12
Triticum sativum jeune	8	23 III	1.15	1.15
Picea excelsa	15	28 I	1.19	1.12
	18	9 II	1.16	
	20	29 V	1.09	
	28	7 VII	1.04	

Les tableaux IV et V nous renseignent sur les conditions dans lesquelles ont été effectuées, à la lumière et à l'obscurité, les expériences comparatives propres à indiquer, pour chaque plante, la nature et la valeur des échanges gazeux dus à la respiration et à l'assimilation.

Les nombres concernant l'assimilation chlorophyllienne sont déduits de ceux qui concernent la respiration d'une part, et d'autre part la résultante de la respiration et de l'assimilation superposées. Les exemples qui suivent montrent la marche adoptée pour tirer de ces résultats la valeur du rapport $\frac{O}{C} = a$.

1er Cas. — *La plante, exposée à la lumière, dégage de l'oxygène et absorbe de l'acide carbonique.*

C'est le cas le plus fréquent.

Le 22 mai 1891, deux branches de *Sedum carneum* ont été placées :

L'une, ayant un poids frais de $1^{gr},603$, dans $24^{cc},7$ d'air, à une lumière diffuse vive;

L'autre, ayant un poids frais de $1^{gr},483$, dans $22^{cc},8$ d'air, à l'obscurité.

Le gaz initial renfermait 20,64 d'oxygène et 79,36 d'azote. — Température 21°.

L'atmosphère finale était ainsi composée, au bout de 6^h35, pour la plante *à la lumière* : CO^2 = zéro; O = 21,67 rapporté à la proportion initiale d'azote; et les volumes de gaz échangés par 1 gramme de poids frais de la plante ont été, en une heure :

(1) { Acide carbonique dégagé = $0^{mmc},0$.
{ Oxygène dégagé = 24 ,0.

L'atmosphère finale de la plante *à l'obscurité*, au bout de 6^h50, était composée de :

$CO^2 = 3,78$ O = 16,84 pour 79,36 d'azote également.

1 gramme de poids frais de la plante à l'obscurité a, en une heure :

(2) { Oxygène absorbé = $85^{mmc},9$.
{ Acide carbonique dégagé = 85 ,5.

On procède de la manière suivante pour obtenir les volumes de gaz échangés dans l'assimilation chlorophyllienne seule :

Le volume d'acide carbonique absorbé est évidemment égal à celui que la plante a dégagé par sa respiration, puisque, dans l'air qui l'entoure à la lumière, on n'en trouve plus trace.

CO^2 absorbé et décomposé par l'action chlorophyllienne = $85^{mmc},5$.

Si la composition du gaz à la lumière fût restée la même depuis le début jusqu'à la fin de l'expérience, on en eût conclu que la quantité d'oxygène dégagée par l'action chlorophyllienne était égale au volume d'oxygène absorbé par la respiration, soit $85^{mmc},9$. Puisque l'oxygène est en plus grande quantité dans l'atmosphère finale, la plante en a donc dégagé plus qu'elle n'en a absorbé, c'est-à-dire :

$$85^{mmc},9 + 24^{mmc} = 109^{mmc},9.$$

O dégagé par l'action chlorophyllienne = $109^{mmc},9$.

Le rapport $\frac{O}{C} = a = \frac{109,9}{85,5} = 1,29$.

2[e] Cas. — *La plante absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique à la lumière.*

Le 6 juin 1891, la lumière diffuse étant très faible et la température de 23°, j'ai placé dans deux éprouvettes des branches de *Mesembryanthemum deltoides*, l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité, sur le mercure. La composition du gaz initial était :

$$O = 20,53 \quad \text{et} \quad Az = 79,47.$$

La composition du gaz final était, au bout de 7h50, *à la lumière*, pour la même proportion d'azote :

$$O = 19,89 \qquad CO^2 = 0,77 \qquad Az = 79,47.$$

Les volumes de gaz absorbé et dégagé par 1 gramme de poids frais de la plante à la lumière, en une heure, ont été :

$$(3) \left\{ \begin{array}{lll} \text{Oxygène absorbé} & = & 11^{mmc},8. \\ CO^2 \quad \text{dégagé} & = & 14^{mmc},2. \end{array} \right.$$

La composition du gaz final *à l'obscurité*, pour la même proportion d'azote, a été au bout de huit heures :

$$O = 15,82 \qquad CO^2 = 4,38 \qquad Az = 79,47.$$

Et les volumes de gaz échangés avec l'air par 1 gramme de poids frais de la plante en une heure :

$$(4) \left\{ \begin{array}{lll} \text{Oxygène absorbé} & = & 77^{mmc},6. \\ CO^2 \quad \text{dégagé} & = & 72^{mmc},2. \end{array} \right.$$

Si le gaz final n'avait pas renfermé d'acide carbonique, la plante aurait décomposé tout celui provenant de sa respiration, soit $72^{mmc},2$, par gramme ; comme il en reste $14^{mmc},2$,

1 gramme de poids frais de la plante a donc décomposé, sous l'influence de la lumière :

$$72^{mmc},2 \; - \; 14^{mmc},2 \; = \; 58^{mmc}.$$

CO^2 absorbé et décomposé par l'action chlorophyllienne $= 58^{mmc}$.

Raisonnant d'une manière identique, on trouve qu'un gramme

de poids frais de la plante a dégagé par l'action chlorophyllienne, en une heure :

$$77^{mmc},6 - 11^{mmc},8 = 65^{mmc},8.$$

O dégagé par l'action chlorophyllienne $= 65^{mmc},8.$

On en déduit : $\frac{O}{C} = a = \frac{65,8}{58} = 1,13.$

3^e^ Cas. — *La plante dégage simultanément de l'oxygène et de l'acide carbonique à la lumière.*

Le 29 mai 1891, à une lumière diffuse vive, j'ai placé, à la température de 20°, dans deux éprouvettes, deux rameaux de *Phyllocactus grandiflorus*, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité, dans un gaz renfermant :

$$O = 20,79 \qquad Az = 79,21.$$

Le gaz final, pour la plante *à la lumière*, fut au bout de $6^h,30$ et pour la même proportion d'azote :

$$CO^2 = 0,21 \qquad O = 23,18 \qquad Az = 79,21.$$

1 gramme de poids frais de la plante avait donc, en une heure, dégagé dans l'air :

$$(5) \begin{cases} \text{Oxygène dégagé} = 29^{mmc},7. \\ CO^2 \text{ dégagé} = 2\ ,6. \end{cases}$$

Le gaz final, pour la plante *à l'obscurité*, se composait, après $7^h,10$, pour la même proportion d'azote, de :

$$CO^2 = 3,65 \qquad O = 16,12 \qquad Az = 79,21.$$

1 gramme de poids frais de la plante avait donc, en une heure, échangé avec l'air :

$$(6) \begin{cases} \text{Oxygène absorbé} = 64^{mmc},4. \\ CO^2 \text{ dégagé} = 50\ ,3. \end{cases}$$

La comparaison des nombres (5) et (6) permet d'en déduire facilement :

CO^2 abs. et décomp. par l'action chloroph. $= 50^{mmc},3 - 2^{mmc},6 = 47^{mmc},7.$
O dégagé par l'action chlorophyllienne $= 64\ ,4 + 29\ ,7 = 94\ ,1.$

Le rapport $\frac{O}{C} = a = \frac{94,1}{47,7} = 1,97$.

Les résultats numériques obtenus pour l'assimilation chlorophyllienne, de la manière qui vient d'être exposée, prêtent à deux sortes d'observations :

Les unes relatives à l'*intensité de l'assimilation;*

Les autres ayant trait aux *variations du rapport* $a = \frac{O}{C}$ *chez les divers végétaux.*

2° Intensité de l'assimilation chlorophyllienne.

Comme je l'ai mentionné déjà dans l'étude de la respiration :

1° *L'intensité des échanges gazeux croît avec la température dans des conditions d'éclairement identiques.*

Ainsi les quantités d'oxygène dégagé et d'acide carbonique absorbé par l'action chlorophyllienne, rapportées à 1 gramme de poids frais en une heure ont été :

Pour *Sedum carneum*.	à 18°	O = 72.2	CO^2 = 60,95
	à 21	109,9	85,5
	à 32	147,3	95,2
Pour *Mesembrianthemum deltoides*. .	à 8	45,1	28,8
	à 12	51,2	42,6
	à 31	104	89
Pour *Phyllocactus grandiflorus*. . . .	à 20	94,1	47,7
	à 32	122,6	64,3

2° *L'intensité des échanges gazeux diminue avec l'âge de la plante, à égalité de température et d'éclairement.*

Ainsi deux raquettes d'*Opuntia tomentosa*, l'une d'un an, l'autre de quelques semaines, ont été exposées aux températures de 33 à 35°; leurs échanges gazeux ont été :

Raquettes d'un an.	O dégagé = 41,9	CO^2 absorbé = 17,6
Raquettes de qq. semaines.	id. = 170,4	id. = 36,4

3° *A égalité de température et d'eclairement et pour une même phase de la période végétative, les échanges gazeux dus à l'assimilation sont d'autant plus intenses que les plantes sont moins charnues.*

Ainsi les *Sedum reflexum et Telephium*, les rameaux feuillés jeunes de *Pereskia aculeata*, les rameaux aplatis jeunes de *Phyllocactus grandiflorus* sont, au point de vue de l'intensité des échanges gazeux, entièrement comparables aux plantes ordinaires.

Le 10 juin, l'étude de l'assimilation de feuilles du *Pereskia aculeata*, de rameaux adultes du *Phyllocactus grandiflorus*, de raquettes plus épaisses de l'*Opuntia maxima*, a donné les nombres suivants :

Pereskia aculeata	O dégagé = 286,9	CO^2 absorbé = 253,8
Phyllocactus grandiflorus	91,9	45,1
Opuntia maxima.	49,9	21,1

Et dans les mêmes conditions :

Lupin (plante)	O dégagé = 208,45	CO^2 absorbé = 188,8
Fève (plante jeune).	133,3	127,3
Belle de nuit (plante jeune) . .	208,65	175,2
Lierre (feuilles jeunes)	267,4	235,6
Ricin (plante jeune).	214,9	192,2

Ces résultats montrent que les échanges gazeux des feuilles jeunes de *Pereskia* sont comparables à ceux des plantes ordinaires (Lupin, Fève, etc...) et que des Cactées très diversement charnues ont, avec l'air, des échanges gazeux d'autant plus faibles qu'elles sont plus épaisses.

3° Variations du rapport $\frac{O}{C} = a$.

1° Plantes ordinaires (Tab. VI). — Le rapport $a = \frac{O}{C}$, supérieur à l'unité, varie pour les plantes ordinaires que j'ai étudiées (Lupin, Fève, Calament, Nyctage, Lierre, Ricin, Blé, Epicea) entre 1,05 et 1,23. Les nombres indiqués par MM. Bonnier et Mangin (1), concernant également des plantes à feuillage mince (Tabac, Lierre, Ronce, Petit-Houx, Genêt, Pin sylvestre, Mar-

(1) G. Bonnier et L. Mangin : *Recherches sur l'action chlorophyllienne séparée de la respiration* (Annales des sc. nat., 7e série, t. III, p. 42).

ronnier, Lilas) sont compris entre 1,05 et 1,24. Les déterminations des deux physiologistes et les miennes sont donc parfaitement concordantes.

2° PLANTES GRASSES (Tab. IV et V). — Les plantes grasses, qui s'éloignent plus ou moins des plantes ordinaires quant à la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ s'appliquant à la respiration, s'en écartent de même pour le rapport $\frac{O}{C} = a$ concernant l'assimilation, rapport a qui devient notablement plus grand que l'unité chez les plantes très charnues.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

SUR LA CLASSIFICATION

ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE

PUBLIÉS EN 1888 ET 1889 (*Suite.*)

5° *Bretagne.*

Aucun travail spécial n'a été publié sur cette région. Rappelons cependant deux lettres publiées dans le *Bulletin de la Société botanique de France.* Dans l'une, M. CHABERT (1) annonce la découverte de l'*Azolla filiculoides* dans plusieurs fossés des environs de Rennes et dans la Vilaine; dans l'autre, M. VIAUD-GRAND-MARAIS (2) indique quelques localités où le Gui croît sur le Chêne. Au séminaire de Sainte-Anne d'Auray, entre autres, le Gui est « abondant sur les Chênes de la grande allée du parc et il dédaigne pour eux les autres arbres ».

6° *Centre.*

La statistique des diverses formes de *Rosa* spontanées en Indre-et-Loire a été établie par M. CHASTAINGT (3); ces formes sont au nombre de 54. Récoltées, soit par M. Tourlet de 1864 à 1886, soit par l'auteur lui-même de 1877 à 1887, elles ont été révisées par Deséglise et M. Crespin et comparées avec de nombreux échantillons authentiques. M. Chastaingt indique les localités du département où elles ont été trouvées.

Grâce aux recherches persévérantes de M. LE GRAND, la flore du Berry était déjà bien connue. Ce botaniste a continué pendant ces dernières années l'exploration méthodique du département du Cher.

Il a signalé (4) dans un marais près de Bourges, la présence assez curieuse du *Scirpus Holoschænus*, puis en compagnie de zélés collaborateurs, il a dirigé plusieurs excursions aux marais de Plaimpied, dans les bois de Fontmoreau et à Fublaine, enfin du Guétin à Fourchambault. Le compte rendu de ces excursions a été publié par M. MORNET (5).

(1) A. Chabert : Bull. Soc. bot. de France, 1889, p. 312.
(2) Dr Viaud-Grand-Marais : *Ibid.*, 1888, p. 405.
(3) G. Chastaingt : *Énumération des Rosiers croissant naturellement dans le département d'Indre-et-Loire* (Bull. Soc. bot. de France, 1888).
(4) A. Le Grand : Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 324.
(5) Mornet : *Compte rendu des principales herborisations faites dans le Cher,*

Dans une intéressante brochure M. Richard (1) nous donne les résultats de ses recherches sur la végétation des clochers et des toitures des églises de Poitiers. Poursuivies pendant deux années consécutives, ces herborisations, moins terre à terre que la plupart de nos excursions botaniques, ont fourni à l'auteur un contingent de 76 espèces appartenant à 28 familles différentes. Fait important à remarquer, toutes ces espèces sont communes dans la région. Les Composées sont les plus nombreuses, après viennent les Graminées. L'abondance des premières s'explique naturellement par la présence des fruits à aigrettes et celle des secondes par le transport des graines par les oiseaux.

7° *Côte-d'Or.*

Dans l'introduction à leur petite Flore MM. Viallanes et d'Arbaumont (2) nous donnent sous le titre de « Distribution des plantes dans le département de la Côte-d'Or » un savant travail de géographie botanique bien précieux pour se rendre compte de la végétation si originale de la Côte-d'Or. Ils distinguent dans le département quatre régions naturelles.

La première est le Morvan (partie des arrondissements de Beaune et de Semur); c'est une région montagneuse d'une altitude souvent supérieure à 600 mètres, présentant des vallées tortueuses très encaissées, des étangs placés sur des hauteurs et des forêts tourbeuses. Le sol y est presque entièrement formé par des roches cristallines. La végétation de cette région présente de grandes analogies avec les stations analogues des basses montagnes siliceuses; 57 espèces du département sont spéciales à cette première région.

La seconde est celle des vallées et coteaux de l'Auxois (partie des arrondissements de Beaune et de Semur). C'est une région intermédiaire entre le Morvan granitique et les plateaux jurassiques qui caractérisent la troisième région; la végétation ne présente pas de caractère bien spécial; elle est principalement calcicole.

La région des plateaux jurassiques est de beaucoup la plus importante. Elle comprend tout l'arrondissement de Châtillon et une partie de ceux de Semur, de Beaune et de Dijon. Le sol y est calcaire et la végétation nettement calcicole. A des altitudes de 300 à 400 mètres à peine on y trouve bon nombre d'espèces alpines et subalpines. D'autres stations présentent des colonies d'espèces méridionales. Parmi les espèces spéciales à cette région 110 environ sont répandues partout, et plus de 80 disséminées seulement dans quelques localités.

Enfin la quatrième région, la plaine de Saône ou Val-de-Saône (partie des arrondissements de Beaune et de Dijon) se subdivise en trois zones. Une première, sèche et calcaire, présente de grands rapports avec les plateaux jurassiques, mais sa flore ne compte que quelques espèces montagnardes;

en 1887, sous la direction de M. Le Grand (Mém. de la Soc. historique du Cher, 1888).

(1) O.-J. Richard : *Florule des clochers et des toitures des églises de Poitiers (Vienne)*. Paris, 1888.

(2) A. Viallanes et J. d'Arbaumont : *Flore de la Côte-d'Or*, Dijon, 1889.

elle possède toutefois une vingtaine d'espèces spéciales. La seconde zone, largement arrosée par la Saône, le canal de Bourgogne, de nombreux cours d'eau et riche en tourbières, compte une quarantaine d'espèces spéciales; bon nombre d'espèces du Morvan s'y retrouvent (130 espèces environ sont communes au Morvan et à la plaine de Saône). La troisième zone riche en silice à beaucoup d'analogie avec la seconde, mais s'écarte de la première.

A l'est la plaine de Saône se confond avec celle de Saône-et-Loire; grâce à ce contact un « assez grand nombre d'espèces méridionales ou étrangères y sont introduites et fixées ».

8° *Plateau central.*

L'important travail de M. Beille (1) ayant pour but principal de déterminer les zones de végétation du massif central mérite une analyse détaillée.

Après un avant-propos où il indique le but qu'il se propose et les documents qu'il a mis en œuvre, l'auteur, dans un premier chapitre, étudie le massif central au point de vue du relief, du climat et de la nature du sol.

Le second chapitre est consacré à des considérations sur les flores des régions limotrophes du massif central. A ce propos M. Beille indique quelles sont les espèces caractéristiques des flores méditerranéenne, lyonnaise et du sud-ouest qui pénètrent dans le massif central. Bon nombre d'espèces méditerranéennes se retrouvent dans les dépressions du versant oriental des Cévennes, quelques-unes dépassent même la ligne de faîte et suivent les vallées et les dépressions. La flore lyonnaise a surtout fourni à celle du plateau central un grand nombre d'espèces ubiquistes accompagnées cependant de quelques plantes montagnardes. Enfin du sud-ouest sont venues plusieurs colonies de plantes méridionales, quelques plantes montagnardes et aussi des espèces introduites d'Amérique ou d'Italie.

Le troisième chapitre est le plus important; l'auteur y établit les différentes zones de végétation du massif central. Ces zones sont au nombre de trois: la zone du Châtaignier, la zone du Hètre ou des plantes subalpines, et la zone alpine dépourvue de plantes arborescentes et localisée seulement sur les plus hauts sommets.

1. La limite d'altitude du Châtaignier sur le plateau central est d'environ 600 mètres, mais sous l'influence de l'exposition cette limite varie beaucoup, et l'on voit cet arbre atteindre et même dépasser 800 mètres. Les espèces propres aux plaines françaises et en général aux pays occupés par le Châtaignier ou situés en deçà de sa limite polaire l'accompagnent dans son ascension sur les flancs du massif central. De plus il n'est pas rare de constater dans toute cette zone du Châtaignier un certain nombre d'espèces qu'on trouve d'ordinaire seulement dans la région de l'Olivier ou dans les provinces méridionales; ces espèces sont disséminées çà et là ou groupées sous forme de colonies aux chaudes expositions du sud et du sud-est. En résumé, dit M. Beille, « nous comptons environ 200 espèces qui, répandues dans les

(1) L. Beille : *Essai sur les zones de végétation du massif central de la France.* Toulouse, 1889.

provinces méridionales, dans les plaines de la France ou le sud de l'Allemagne, ne dépassent pas la limite extrême du Châtaignier sur les flancs du massif central. Si nous ajoutons à ce nombre les 86 espèces méditerranéennes qui restent au-dessous de cette même limite, nous arrivons à un total de 286, soit environ le 1/5 du nombre total des espèces du massif central qui restent cantonnées dans cette première zone ».

2. Au-dessus de la limite supérieure du Châtaignier la végétation du massif central prend une nouvelle physionomie; les plantes méridionales disparaissent et sont remplacées par des espèces montagnardes étrangères aux plaines françaises. Le Hêtre, qui est l'espèce forestière dominante, caractérise cette nouvelle zone. Jusqu'à 1 000 mètres, seul ou associé au Chêne, il forme les forêts, sauf cependant sur les monts de la Margeride, du Forez et de la Madeleine où il est partiellement remplacé par le Pin silvestre; à partir de 1 100 mètres, autour de quelques points culminants et à l'exposition du nord et du nord-est, il s'associe au Sapin pectiné et les deux essences mélangées arrivent jusqu'à la limite supérieure de la végétation arborescente. Cette limite, dans le massif central, varie suivant l'exposition entre 1 490 et 1 550 mètres.

Près de deux cents espèces spéciales à cette zone accompagnent le Hêtre; ce sont des plantes qui vivent aussi avec lui dans l'Europe centrale, et qui dans l'Allemagne, le Danemark et la Péninsule scandinave, restent en deçà de sa limite polaire. Il y a une analogie frappante entre la flore de tout le centre de l'Europe et la flore de la zone du Hêtre du plateau central : 96 p. 100 des plantes spéciales à cette zone croissent dans les plaines de la Sibérie, de la Bohême et du centre de l'Allemagne.

M. Beille termine ces intéressantes considérations en établissant les analogies que la zone du Hêtre du massif central présente avec la zone subalpine ou du sapin des montagnes de l'Europe.

3. Au-dessus des forêts de Hêtre se trouvent quelques hauts pâturages dépourvus de toute végétation arborescente. La végétation de ces prairies alpines est constituée par environ trois cents espèces, mais parmi elles il y en a beaucoup d'ubiquistes et de subalpines et l'on en compte seulement soixante-treize qui y sont exclusivement cantonnées ou s'en éloignent peu. Ces dernières sont des plantes arctiques et alpines qui se rencontrent aussi sur les hautes montagnes de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique et qui ne s'abaissent généralement dans les plaines qu'au delà de la limite polaire du Hêtre dans la partie boréale de la Scandinavie, dans la Laponie et dans la Sibérie. M. Beille rapporte la flore de cette troisième zone du massif central à la zone alpine inférieure de M. Gaston Bonnier.

Dans le quatrième et dernier chapitre, M. Beille recherche l'origine probable de la flore du massif central. Selon lui cette flore n'est pas autochtone, mais le résultat de colonisations successives. Les espèces ubiquistes et les plantes propres à la zone du Châtaignier peuvent très bien, grâce aux communications plus ou moins faciles avec les régions environnantes, être parvenues sur le plateau central à l'époque actuelle; il ne peut en être de même des espèces subalpines et alpines. L'arrivée de ces plantes remonte à la période glaciaire, et la similitude des flores du massif central et de l'Eu-

rope centrale et septentrionale ne paraît pas pouvoir s'expliquer sans l'intervention de ce grand phénomène géologique.

M. Beille termine son travail par une série de tableaux où toutes les espèces du massif central sont rangées suivant la zone qu'elles habitent. Disons aussi qu'une belle carte de géographie botanique accompagne l'ouvrage.

Le département de l'Allier a été l'objet d'un certain nombre de recherches botaniques publiées dans la Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France; bien que la totalité de ce département n'appartienne pas à la région du plateau central nous allons toutes les signaler ici.

M. Gay (1), dans une intéressante étude de géographie botanique, donne une liste de plus de 200 espèces récoltées par lui simultanément dans l'Allier et en Algérie. Parmi ces espèces il en distingue une vingtaine véritablement méditerranéennes et formant dans l'Allier une véritable colonie méridionale. Quelques-unes sont d'introduction très récente. Comme voie probable d'introduction naturelle de ces plantes, M. Gay indique la vallée de l'Allier qui a ses sources en pleines Cévennes, et comme causes d'introduction artificielle le transport des fourrages et des minerais et les voies ferrées.

M. Bourdot (2) fait connaître quelques localités de plantes nouvelles pour le département et pour la plupart introduites; les plus intéressantes sont :

Ranunculus divaricatus.
Silene gallica.
Peucedanum palustre.
Poa serotina.
Alopecurus utriculatus.

Une herborisation publique a eu lieu au bois de Pérogne, nous en trouvons le récit détaillé dans un article de M. Olivier (3). Enfin, dans la « Chronique » du même recueil nous voyons indiquées deux localités nouvelles du *Goodyera repens* découvertes par M. R. du Buysson (4).

Voici maintenant les documents nouveaux pour la flore de l'Auvergne :

Une note de M. Gonod d'Artemare (5) appelle l'attention sur la dispersion de quelques plantes. L'auteur tient compte de l'influence minéralogique du sol; il indique le *Colutea arborescens* et le *Spartium junceum* comme spontanés et non naturalisés dans la Limagne et il signale la naturalisation sur les ruines de vieux châteaux du *Tanacetum Balsamita* et du *Staphylea pennata*.

Le Frère Héribaud (6) a communiqué à la Société botanique de France,

(1) H. Gay : *Contribution à l'histoire de la flore bourbonnaise* (Rev. scientifique du Bourbonnais et du centre de la France, 1889).
(2) Bourdot : *Plantes nouvelles pour la flore de l'Allier* (*Ibid.*, 1888).
(3) E. Olivier : *Excursion au bois de Pérogne, 24 mai 1888* (*Ibid.*, 1888).
(4) R. du Buysson : *Ibid.*, 1889.
(5) C. Gonod d'Artemare : *Matériaux pour la flore d'Auvergne* (*Ibid.*, 1889).
(6) Frère Héribaud : Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 376 et 404.

la découverte de quelques espèces nouvelles : *Carex curvula*, au Mont-Dore ; *Fritillaria Meleagris*, dans les prairies de Saint-Urcisse (Cantal) ; *Eragrostis poœides*, à Montferrand.

Dans deux autres lettres à la même Société, M. Billiet (1) signale également quelques localités nouvelles de plantes rares et M. Audigier (2) la floraison du *Galanthus nivalis*, le 25 décembre, à Bellerive (Puy-de-Dôme).

Un travail de M. Ivolas (3) sur l'ensemble de la végétation des Grands Causses (200 000 hectares environ), complète, surtout au point de vue de l'influence du sol, les travaux publiés précédemment sur cette intéressante région.

M. Ivolas fait d'abord ressortir le caractère essentiellement calcicole de la flore de ces plateaux des Cévennes. A cet effet, il indique les espèces caractéristiques des diverses stations et les proportions relatives de calcicoles et d'indifférentes. Cette partie de ce travail peut se résumer ainsi :

	Espèces caractéristiques	Calcicoles.	Indifférentes.
1. Cultures des plateaux	22	17	5
2. Pelouses des plateaux	26	22	4
3. Lieux pierreux et arides	30	25	5
4. Rochers	36	32	4
5. Bois des plateaux et des pentes	22	15	7
6. Lieux arides et rocailleux, broussailles et pelouses des pentes	76	54	32

Quelques étages du calcaire jurassique des Causses sont souvent dolomitiques. M. Ivolas admet, avec plusieurs autres auteurs, l'influence de la magnésie et par conséquent des plantes dolomitiques caractéristiques et préférentes.

Comme espèces dolomitiques caractéristiques, ne se rencontrant jamais que sur la dolomie dans les Grands Causses, il cite :

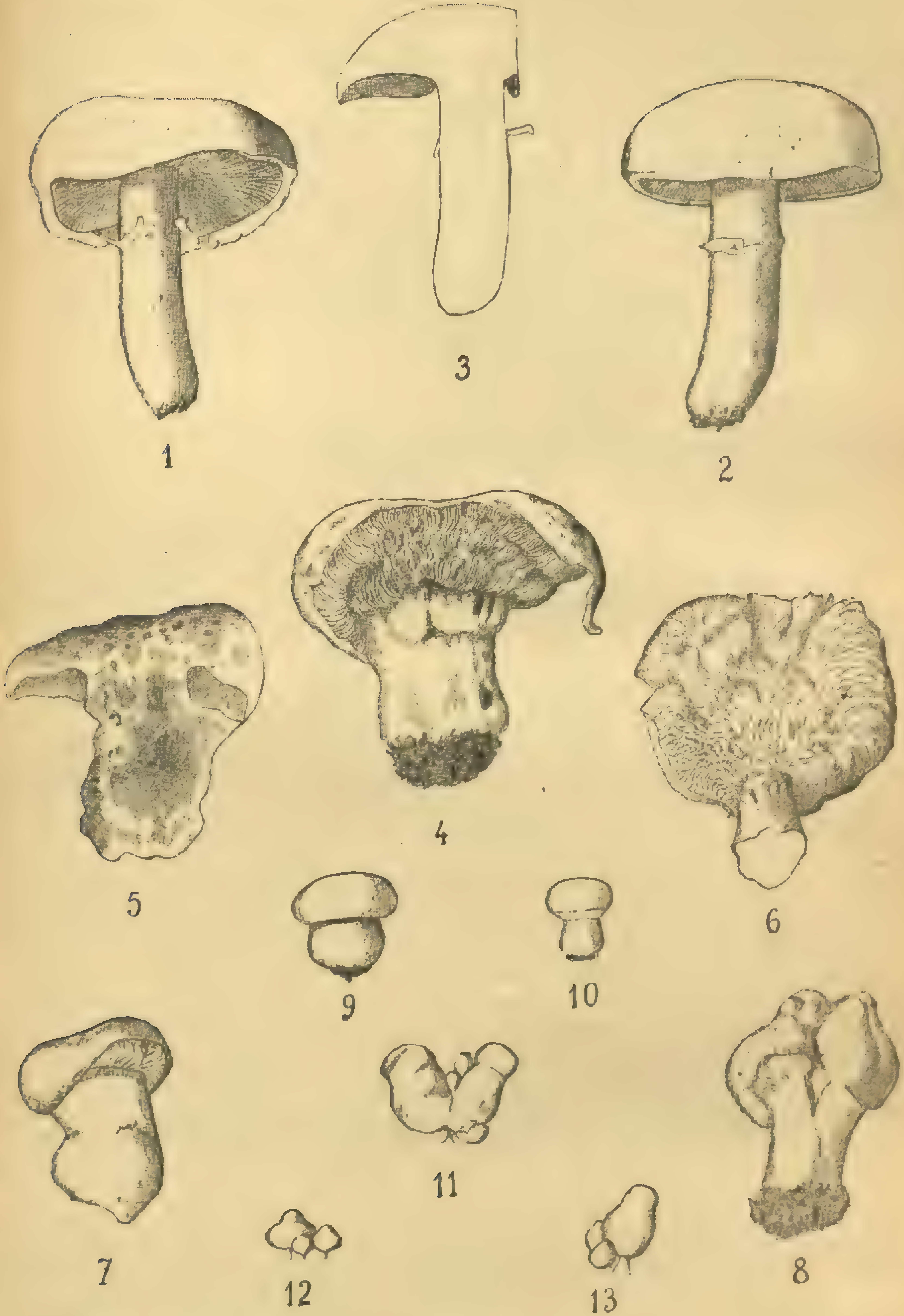
Alyssum montanum.
Draba Aizoides.
Kernera saxatalis.
Æthionema saxatile.
Hutchinsia pauciflora.
Arenaria hispida.
A. tetraquetra.
Athamanta cretensis.
Aster alpinus.
Armeria juncea.

M. Malinvaud (4) a eu la bonne fortune de rencontrer dans le Lot (canton de Livernon), sur les ruines du château d'Assier qui date du seizième siècle, une plante nouvelle pour la France et même pour l'Europe occidentale : l'*Alyssum petræum* Arduin (*A. gemonense* L., *A. edentulum* W. et K.). La

(1) Billiet : Bull. Soc. bot. de France, 1889, p. 15.
(2) Audigier : *Ibid.*, 1889, p. 31.
(3) J. Ivolas : *La végétation des Causses. Étude de géographie botanique* (Bull. de la Soc. languedocienne de géographie, 1889).
(4) E. Malinvaud : *Un Alyssum nouveau pour la flore française* (Le Naturaliste, 15 octobre 1889).

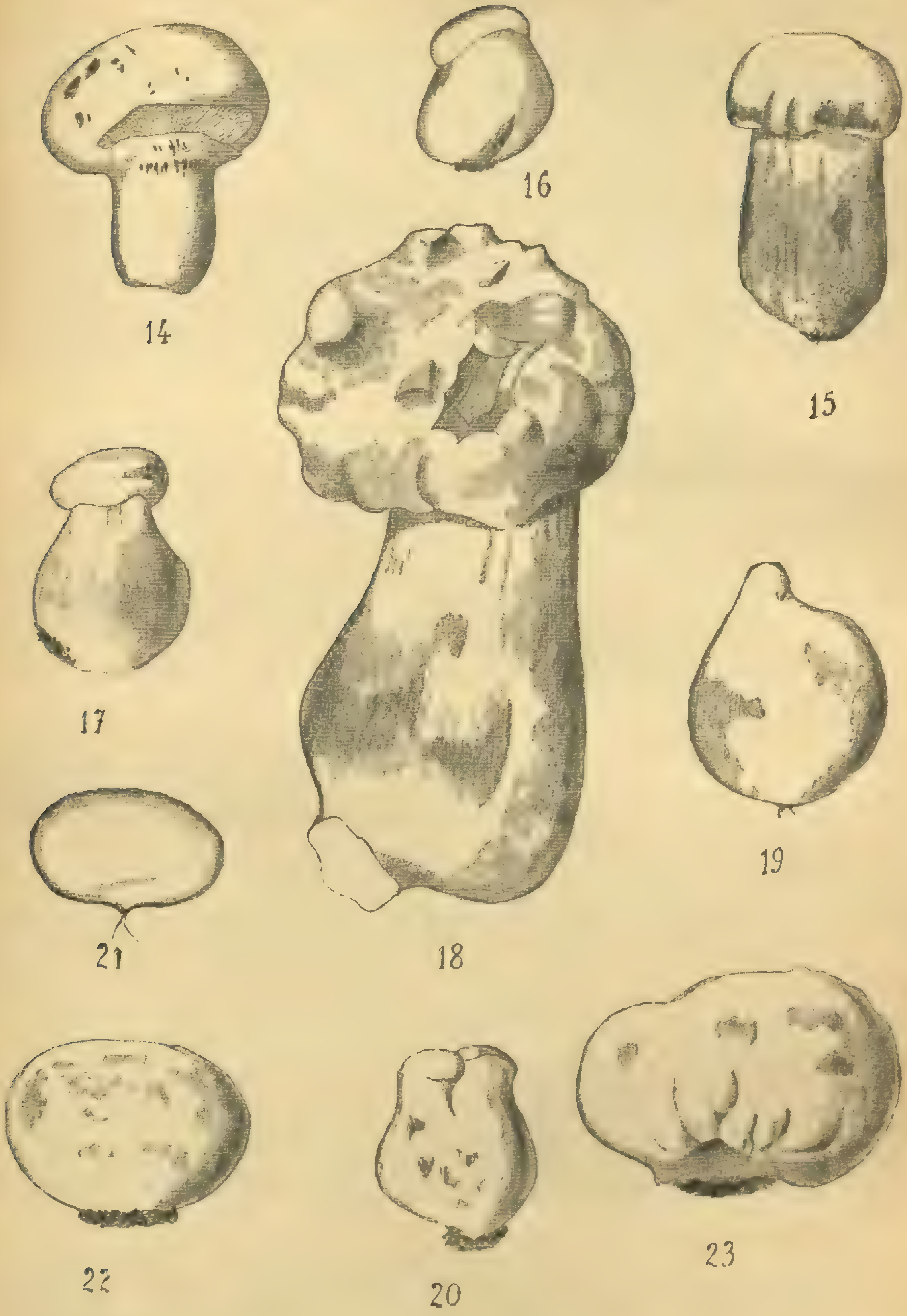
présence de cette espèce dans le département du Lot, sur un point si éloigné de sa véritable patrie, constitue un problème de géographie botanique que M. Malinvaud se pose sans toutefois le résoudre. Nous ne croyons pas que cette espèce soit indigène en France, mais simplement naturalisée comme sont d'autres espèces rares qui croissent dans les ruines des vieux manoirs.

(*A suivre.*) A. MASCLEF.



Costantin del. Imp. Éd. Crété. Vitou sc.

Recherches sur la Môle.



Costantin del. *Imp. Éd. Crété.* *Vitou sc.*

Recherches sur la Môle.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue*.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIEME

Livraison du 15 novembre 1892

N° 47

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

LIVRAISON DU 15 NOVEMBRE 1892

Pages.

I. — NOUVELLES ÉTUDES SUR LE *LACNIDIUM ACRIDIORUM*, GD., champignon parasite du criquet pélerin (avec planche), par **M. A. Giard** 449

II. — RECHERCHE SUR LA MÔLE, MALADIE DU *CHAMPIGNON DE COUCHE* (avec planches), par **MM. J. Costantin** et **L. Dufour** (*suite*) 463

III. — SUR UNE MALADIE DU PLATANE (avec planche) par **M. Leclerc du Sablon** 473

IV. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES FEUILLES DÉVELOPPÉES A L'OMBRE ET AU SOLEIL (avec planche), par **M. L. Géneau de Lamarlière** 481

V. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*siute*) 497

VI. — REVUE DES TRAVAUX SUR LA CLASSIFICATION ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE, publiés en 1888 et 1889, par **M. A. Masclef** (*suite*) 503

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

PLANCHE 9. — *Lacnidium acridiorum Gd.*

PLANCHE 20. — *Maladie du Platane.*

PLANCHE 21. — *Appareil pour la transpiration des plantes.*

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

NOUVELLES ÉTUDES

SUR LE

LACHNIIDUM ACRIDIORUM, Gd

CHAMPIGNON PARASITE DU CRIQUET PÈLERIN

Par A. GIARD.

Le 20 juin 1891, MM. Künckel d'Herculais et Langlois m'envoyaient, en me priant de les examiner, des criquets pèlerins d'Algérie infestés par un cryptogame sur lequel diverses personnes fondaient de grandes espérances pour la destruction des Acridiens envahisseurs (1). MM. Künckel et Langlois rapprochaient ce champignon d'une autre Mucédinée entomophyte, le *Polyrhizium leptophyei*, parasite d'une vraie sauterelle (*Leptophyes punctatissima*) que nous avons avions fait connaître il y a quelques années (2).

L'examen attentif du parasite des criquets me prouva que le rapprochement était exact, mais ne devait pas être poussé jusqu'à l'identification. La maladie cryptogamique à laquelle succombaient certaines femelles de *Schistocerca peregrina* était due en tout cas non pas à un *Botrytis*, comme on l'avait supposé d'abord, mais à un cryptogame d'un groupe tout différent, voisin du *Polyrhizium* et se rattachant par suite aux *Fusarium* et aux *Cladosporium*. J'en donnai une description sommaire sous le nom de *Lachnidium acridiorum* (3).

(1) J. Künckel d'Herculais et Langlois : *Les Champignons parasites des Acridiens* — et A. Giard : *Observations sur les Champignons parasites de l'Acridium peregrinum* (Comptes rendus de la Société de Biologie, 20 juin 1891).

(2) A. Giard : *Sur quelques types remarquables de Champignons entomophytes* (Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, t. XX, 1889, p. 217 et pl. V).

(3) A. Giard : *Sur les Cladosporiées entomophytes, nouveau groupe de Champi-*

Depuis, le Dr Trabut, professeur de l'École de médecine d'Alger, qui s'était occupé tout des premiers de l'étude des parasites des Criquets, a publié dans cette *Revue* (1), une note accompagnée de figures très exactes du *Lachnidium* tel qu'on l'observe à l'état naturel ou dans les cultures sur gélatine peptone.

De notre côté, nous avons continué en France, nos recherches sur ce cryptogame. Les essais que nous avons tentés pour l'employer à la destruction des orthoptères ou d'autres insectes nuisibles n'ont donné que des résultats négatifs ou peu encourageants. Mais les cultures pures sur divers milieux nutritifs entretenues pendant plusieurs mois nous ont apporté des faits intéressants relativement au polymorphisme du *Lachnidium* et à la position de cette Mucédinée dans le groupe encore si mal connu des champignons imparfaits.

Le *Lachnidium* se rencontre sur les criquets infestés sous deux formes différentes assez nettement séparées.

Le type A (forme *Cladosporium*), recouvre en général les côtés du thorax et de la tête, la base des élytres, les pattes postérieures et la partie dorsale des premiers anneaux de l'abdomen. Il forme surtout aux jointures sur les membranes unissantes des amas blanchâtres, d'aspect pulvérulent. Le microscope révèle un mycelium pluricellulaire rampant, assez rare, rempli de globules réfringents disposés en séries et des spores de deux sortes : les unes simples, ovoïdes, longues de 6 μ environ, les autres divisées en deux par une cloison transversale et légèrement étranglées au point de division mesurant 8 à 12 μ. C'est, je pense, le type décrit par MM. Künckel et Langlois.

Le type B (forme *Fusarium*) se trouve sur les cinq ou six derniers anneaux de l'abdomen et principalement du côté ventral où il forme un duvet grisâtre assez long. Vu au microscope, le mycelium est formé de tubes longs d'un diamètre assez uniforme, peu ramifiés. Les extrémités présentent des ramifications plus nombreuses, mais simples et terminées généralement par

gnons parasites des Insectes (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 29 juin 1791).

(1) L. Trabut : *Les Champignons parasites du Criquet pèlerin* (Revue générale de Botanique, t. III, p. 449 et pl. XVII).

une spore unique, quelquefois aussi par deux, trois et jusqu'à six spores disposées comme chez les *Verticillium*. Les spores sont quelquefois droites, mais le plus souvent courbées en croissant ; les unes sont simples, les autres présentent une cloison, mais la cloison ne détermine aucun étranglement comme dans les spores cloisonnées du type A. La longueur des spores varie de 12 μ à 28 μ au moins.

Je n'ai pas réussi à cultiver le type A ou plutôt le type A ne se maintient pas dans les cultures, il passe immédiatement à la forme *Fusarium* et à une série de formes nouvelles qu'on obtient plus facilement encore en semant directement le type B.

Les cultures réussissent également bien sur pomme de terre, sur gélatine peptone ou sur agar peptone. Ces milieux peuvent être modifiés par l'addition de matières sucrées, de sels, etc. Les cultures sur pomme de terre sont particulièrement commodes pour l'étude des modifications que présente le champignon en vieillissant. La gélatine prend une teinte ambrée (vieux rhum, Trabut), très caractéristique et tout à fait différente de celle des cultures des diverses espèces d'Isariées entomophytes. La Mucédinée est d'un beau blanc ; elle forme un épais duvet d'aspect laineux (d'où le nom de *Lachnidium*) ; le mycelium dépasse largement le substratum et envahit bientôt les parois du tube, ce qui permet de l'observer commodément à un faible grossissement. Quand les cultures vieillissent ce mycelium devient par places très dense, formé de tubes parallèles réunis en faisceaux, mais jamais agrégés comme chez les *Isaria :* en ces endroits le cryptogame prend une teinte légèrement rosée ou brunâtre et présente des modifications importantes sur lesquelles nous insisterons dans un instant.

Dans les cultures jeunes et bien nourries la forme *Fusarium* ou *Fusisporium* prédomine et donne naissance à des spores hyalines beaucoup plus longues que celles observées sur les criquets. Ces spores hyalines sont pluriseptées et courbées en faucille ou en croissant comme celle des *Selenosporium* (pl. 9, fig. 4, sp, sp_1, sp_2), les cloisons peuvent être au nombre de 3 ou 4, quelquefois plus. Sur les milieux sucrés les cellules de mycelium

se renflent souvent et deviennent irrégulièrement ovoïdes ou même sphéroïdales (pl. 9, fig. 2, *ves*). Ces renflements se produisent également dans les milieux non sucrés, mais riches en éléments nutritifs sur les filaments un peu âgés. Des formations similaires ont été observées et figurées par Et. Wasserzug sur un Hyphomycète appartenant au genre *Fusarium* (1).

Lorsque les cultures vieillissent au bout de quinze à vingt jours environ par une température de 20°, on voit apparaître une nouvelle sorte de spores (chlamydospores) dont la présence se manifeste macroscopiquement par une légère teinte rosée ou roussâtre de la périphérie du champignon.

Ces nouvelles spores sont formées d'abord par une cellule (pl. 9, fig. 1, *a*), puis par deux cellules (fig. 1, *b*), situées l'une au-dessus de l'autre, la terminale étant plus volumineuse et à parois plus épaisses, comme dans les états jeunes d'*Alternaria*. Le nombre des cellules s'accroît ensuite dans toutes les directions et il se constitue ainsi des amas ou ballots pluricellulaires de forme variable portés par des pédoncules généralement assez courts (pl. 9, fig. 1, *c*). Les cellules des chlamydospores ainsi formées sont arrondies ou polyédriques par pression réciproque; elles ont des parois épaisses très finement rugueuses, lorsqu'on les examine à un fort grossissement; elles sont beaucoup moins transparentes que les spores conidiennes falciformes, mais sans être cependant opaques.

Lorsque ces spores en ballots commencent à naître sur des filaments myceliens qui portent déjà des spores falciformes, le champignon présente presque tous les caractères du genre *Sarcinella* Saccardo (2). La seule différence est que les filaments mycéliaux portant les spores ne sont pas cutinisés et gardent leur transparence. De plus les spores en ballots renferment parfois plus de 4 à 8 cellules.

Plus tard les spores falciformes disparaissent presque complètement à mesure que la culture perd de son humidité et cer-

(1) Ed. Wasserzug : *Recherches morphologiques et physiologiques sur un Hyphomycète* (Notice biographique et travaux scientifiques, 1889, p. 68, fig. 5).
(2) Saccardo : *Fungi italici*, pl. CXXVI.

taines parties du cryptogame pourraient difficilement être distinguées des genres *Stemphylium* Wallroth ou *Macrosporium*, Fries (1).

Enfin sur certaines branches du mycelium encore plus âgé et surtout dans les milieux humides les spores échinulées se forment les unes à la suite des autres, non plus à l'extrémité de pédoncules courts, mais aux dépens des cellules mêmes des filaments myceliens (pl. 9, fig. 2) et l'on obtient ainsi des états tout à fait comparables aux *Mystrosporium* Corda (voir *Revue générale de Botanique*, t. I, 1889, p. 457, fig. 58, *b*). Ces états me paraissent comparables également aux chlamydospores bicellulaires du *Fusarium* étudié par Wasserzug (*l. c.*, p. 66, fig. 4).

Si l'on rapproche les faits brièvement exposés ci-dessus des belles observations de Costantin (2) et de Laurent (3), sur le polymorphisme du *Cladosporium herbarum*, on voit qu'il est facile d'établir un parallélisme assez complet entre les divers états du *Lachnidium* et ceux de *Cladosporium*. Dans l'un comme dans l'autre cas les spores simples courtes non cloisonnées apparaissent sur les milieux pauvres ou épuisés, les spores pluricellaires sur les milieux riches et humides. La plus grande différence consiste dans la coloration des hyphes : tandis que les filaments de *Cladosporium* sont brunâtres ou verdâtres olivacés, ceux du *Lachnidium* sont constamment d'un beau blanc à peine teinté de roux par la formation des chlamydospores. Cette différence de coloration paraîtra sans doute fort importante aux botanistes spécificateurs habitués à considérer la cutinisation des membranes comme un caractère de premier ordre dans la classification des Hyphomycètes. On sait en effet que Saccardo s'est largement servi de cette particularité et l'a même employée pour établir son système des Sphériacées d'après l'aspect hyalin ou opaque des spores.

(1) Costantin : *Les Mucédinées simples*, p. 84. Prière au lecteur de comparer la fig. 48 (d'après Saccardo) à la fig. 1 de notre planche.

(2) Costantin : *Sur les variations des Alternaria et des Cladosporium* (Revue générale de Botanique, I, 1889, p. 453 et 501, pl. XXIII).

(3) Laurent : *Recherches sur le polymorphisme du Cladosporium herbarum* (Annales de l'Institut Pasteur, 1888, n^{os} 10 et 11).

La méthode expérimentale des cultures pures appliquée aux Champignons nous montre de la façon la plus nette combien cet élément de discrimination est fallacieux et inutilisable en taxonomie.

Dans une note préliminaire publiée le 7 décembre 1891 dans les Comptes rendus de l'Académie des siences nous nous exprimions comme il suit :

« Nous pouvons tirer une autre conséquence de cette étude : i dans les diagnoses, d'ailleurs très insuffisantes des genres *Hormodendron*, *Sarcinella*, *Stemphylium*, *Macrosporium* et *Mystrosporium*, nous laissons de côté la couleur noirâtre ou brunâtre des filaments et des spores, caractère d'une valeur évidemment bien discutable, on voit par l'histoire du *Lachnidium* que ces prétendus genres d'Hyphomycètes correspondent plutôt à des stades évolutifs qui se retrouvent dans le développement de divers Ascomycètes. »

Ces conclusions pouvaient à cette époque paraître un peu prématurées, car nous n'avions pour les appuyer que les cultures pures faites dans des conditions très variées d'une seule espèce d'Hyphomycète, le *Lachnidium* des criquets.

Mais depuis, dans une thèse remarquable (1), L. Matruchot nous a fait connaître un certain nombre de faits nouveaux qui me semblent apporter de solides arguments en faveur des opinions exposées ci-dessus :

1° L'*Helicosporium pulvinatum* (Nées) Fries (*H. lumbricoides* Saccardo) dont les spores en spirale ne sont que l'exagération des spores pluriseptées en croissant du *Lachnidium*, peut présenter tantôt la forme normale à cellules cutinisées brunâtres, tantôt une forme *Helicomyces* à membrane non cutinisée transparente, forme indéfiniment stable sur certains milieux ;

2° Le même Hyphomycète peut présenter encore une forme *Coniothecium* à massifs cellulaires enkystés, une forme *Stemphylium*, une forme à sclérotes sphériques pédicellés, une forme a mycelium bourgeonnant : ces diverses formes se trouvant par-

(1). L. Matruchot : *Sur le développement de quelques Mucédinées* (un vol. avec VIII pl., Paris, Armand Colin, 1892).

fois associées à la forme normale, parfois isolées et sans possibilité de retour (f. *Stemphylium*).

Comme on le voit ces observations conduisent à deux conclusions principales qui ne diffèrent pas de celles que nous avions tirées de l'étude du *Lachnidium :*

1° La cutinisation de la membrane n'a pas l'importance qu'on lui a attribuée chez les Hyphomycètes et ne peut servir à l'établissement de divisions naturelles ;

2° Les cultures pures révèlent chez certaines Mucédinées un polymorphisme très grand des formes imparfaites de reproduction.

Dans le même travail L. Matruchot a étudié également par la méthode des cultures pures un *Fusarium* nouveau (*Fusarium polymorphum* Matruchot) dont plusieurs états présentent une ressemblance frappante avec certaines formes de notre *Lachnidium* (*l. c.*, p. 84-91 et pl. VII, fig. 6-14). Le développement des chlamydospres aériennes en particulier (fig. 11, 12 et 13) est absolument identique à ce que nous avons observé et figuré dans la présente note (pl. 9, fig. 1).

Nous avons été d'autant plus heureux de cette confirmation de nos recherches que celles-ci ont été récemment l'objet de quelques contestations de la part d'un jeune entomologiste peu au courant des questions cryptogamiques et d'un mycologiste attardé dans les errements des anciennes méthodes d'observation (1).

Nous avons dit que la forme *Cladosporium* observée sur les criquets ne se maintient pas dans les cultures et que les spores recueillies sur cette forme donnent immédiatement, lorsqu'on les sème sur un milieu artificiel, les formes *Fusarium*, *Selenosporium*, etc.

(1) Comptes rendus de la Société philomathique de Paris, n° 5, 26 décembre 1891, et Bulletin de la Société entomologique de France, 24 février 1892, pl. LIX. Sans nous arrêter à discuter des négations dépourvues de tout support expérimental, nous devons protester ici contre la façon dont MM. Ch. Brongniart et Delacroix en usent avec les règles de la nomenclature lorsqu'ils nomment *Fusarium acridiorum* Brong. et Delac. et *Cladotrichum leptophyei* Corda, les espèces que nous avons appelées respectivement *Lachnidium acridiorum* et *Polyrhizium leptophyei*. Ce procédé est la manifestation d'un état d'esprit tout particulier, heureusement assez rare parmi les naturalistes modernes.

On peut cependant voir réapparaître le type *Cladosporium* en certains points des cultures très vieilles, desséchées ou peu riches en matières nutritives. C'est une forme appauvrie de champignon ou du moins une forme dont l'appareil végétatif est très réduit et dont les spores plus nombreuses deviennent d'une taille beaucoup moindre et à membrane plus réfringente.

La forme *Cladosporium* se montre fréquemment à l'état gazonnant avec des touffes de fructifications penicillioïdes à spores simples très petites (parfois 2 à 3 μ), légèrement ovoïdes ou même sphéroïdales, disposées en chapelets. Cet état fort bien figuré par Trabut (*loc. cit.*, pl. 17, fig. 3, *b*, *c*) pourrait être désigné sous le nom de forme *Hormodendron*. C'est lui que certains botanistes persistent encore à nommer *Botrytis*. La confusion n'est d'ailleurs pas nouvelle et l'on pourrait citer d'anciens mémoires de Hallier, de Bail, etc., où l'histoire évolutive de certaines Isariées entomophytes est ainsi mêlée à celle des *Cladosporium* ou des *Penicillium;* mais il y a longtemps que de Bary a fait justice de ces erreurs et nous ne nous arrêterons pas à les refuter ici plus longuement.

En dehors de cette interprétation bienveillante il n'y a qu'une autre façon d'expliquer comment les naturalistes que nous critiquons ont pu voir apparaître tout à coup dans leurs cultures soi-disant pures *quatre* espèces différentes de cryptogames dont deux *Botrytis*. C'est que ces *Botrytis*, identiques d'après leurs inventeurs au *B. tenella* et au *B. Bassiana*, ont été apportés en Algérie dans l'intention très louable, mais non couronnée de succès, de les employer dans la lutte contre les criquets, puis ramenés en France après un court voyage dans notre colonie. On comprendrait ainsi pourquoi ni Künckel et Langlois, ni Trabut, ni Debray, ni aucun autre botaniste algérien n'ont pu trouver ces Isariées sur les criquets envahis naturellement par les cryptogames (1).

(1) Il est possible, comme je l'ai démontré moi-même, de faire végéter les *Botrytis enella* et *Bassiana* sur divers Orthoptères et en particulier sur l'*Acridium peregrinum* (Comptes rendus de la Société de Biologie, 20 juin 1891). Mais dans ce cas le cryptogame se développe en saprophyte et non en vrai parasite. L'aspect des criquets ainsi infestés est assez semblable comme je l'ai indiqué (*l. c.*, p. 494) à celui des

Il est inutile de dire qu'en créant le nom de *Lachnidium* pour désigner le parasite des criquets pèlerins nous n'avons pas eu la prétention d'établir un genre nouveau au sens propre de ce mot. Il nous a paru utile de réunir sous un vocable unique un certain nombre de formes dont les cultures nous montraient les liens génétiques et qui constituent un ensemble assez différent de ce qu'on observe chez d'autres Mucédinées pour mériter une désignation spéciale.

Nous ne pensons même pas que ce cryptogame soit un parasite nécessaire et nous le considérons plutôt comme un saprophyte accidentellement introduit sur l'abdomen des criquets femelles affaiblis par une première ponte ou par d'autres circonstances.

En nous appuyant sur les ressemblances que présentent les divers états du *Lachnidium* avec les formes correspondantes du *Cladosporium herbarum*, nous avons cru pouvoir rapprocher ces deux champignons.

« Il est probable, disions-nous, que le *Lachnidium* suivra le sort du *Cladosporium* et devra être rattaché plus tard soit aux Périsporiacées soit aux Sphériacées suivant que les recherches ultérieures démontreront d'une façon péremptoire que l'état ultime de *Cladosporium herbarum* est soit *Capnodium salicinum* soit *Pleospora herbarum*. »

Nous n'avons fait qu'appliquer ainsi avant qu'elle fût formulée la méthode préconisée par Matruchot pour rattacher les Mucédinées à des champignons supérieurs :

« Elle consiste à rechercher la parenté des Mucédinées entre elles. Si dans la série de formes dérivées issues d'un même type l'une d'elles se trouve avoir été déjà décrite et rattachée avec certitude à un groupe quelconque d'Ascomycètes, par exemple, il est permis de supposer que la forme primitive se rattache elle aussi à ce même groupe d'Ascomycètes. » (*l. c.*, p. 11).

criquets atteints par le *Lachnidium*. Peut-être même dans le désordre causé par ses nombreuses pérégrinations M. Ch. Brongniart a-t-il mêlé les criquets qu'il avait ensemencés artificiellement avec les *Botrytis* apportés de France et ceux recueillis à l'état naturel et infestés par le *Lachnidium*. On comprendrait ainsi comment il a pu trouver tant de choses dans ses cultures pures à son retour d'Algérie.

Parmi les Hyphomycètes connus jusqu'à présent et en dehors des diverses Cladosporiées entomophytes que j'ai signalées antérieurement, un certain nombre de types me paraissent se rapprocher beaucoup du *Lachnidium* des criquets.

Ce sont : 1° le *Fusarium* des feuilles de violette, si bien étudié par le regretté Wasserzug (Bulletin de la Soc. Bot. de France, 1888) ; 2° le parasite des lézards décrit par R. Blanchard sous le nom de *Selenosporium cuticola* (1) ; 3° un *Fusarium* très commun pendant l'été sur les plaies des marronniers du jardin du Luxembourg et qui me paraît se rattacher au développement d'une Sphériacée lignicole ; 4° l'*Helicosporium lumbricoides* et le *Fusarium polymorphun* étudiés par Matruchot. Les cultures de ces divers cryptogames présentent à côté de certaines différences des ressemblances singulières tant au point de vue morphologique qu'au point de vue physiologique. C'est ainsi qu'on peut constater la présence d'invertine dans les cultures du *Lachnidium*, du *Fusarium* des violettes et de celui des marronniers.

Il resterait à déterminer d'une façon précise dans quelles conditions et sous quelles formes le *Lachnidium* se présente d'une façon normale en Algérie. Les spores de ce champignon doivent être largement disséminées dans le sol dans de nombreuses localités aux environs d'Alger et jusqu'à Biskra où l'infection cryptogamique des criquets a été également signalée.

Il résulte des observations de Trabut et de Debray, que ce sont surtout les femelles des criquets qui sont infestées et le plus souvent les femelles ayant déjà pondu une première fois. Très vraisemblablement les spores du *Lachnidium* adhèrent à l'abdomen du criquet, grâce aux matières étrangères qui le salissent au moment de la ponte. Il est possible aussi que pendant cette opération assez longue et pénible il se produise de petites déchirures des parties molles des anneaux favorisant l'implantation

(1) R. Blanchard : *Sur une remarquable dermatose causée chez le lézard vert par un champignon du genre Selenosporium* (Mém. de la Soc. Zool. de France, 1890, p. 241, et Congrès international d'hygiène de Londres, 1891). Contrairement à l'opinion de R. Blanchard je crois que les spores brunes pluricellulaires qu'il a rencontrées dans les tumeurs du lézard à côté des spores en croissant du *Selenosporium* pourraient bien appartenir au cycle évolutif de ce dernier.

des spores du parasite. Enfin, ces spores peuvent aussi pénétrer dans les stigmates ou rester adhérentes aux saillies de la chitine.

Nous n'insisterons pas longuement sur l'application possible du *Lachnidium* à la destruction des criquets d'Algérie, bien que cette question ait pendant plusieurs mois vivement passionné l'opinion publique (1).

Un naturaliste plus ami de la réclame que des recherches patientes de laboratoire ne disait-il pas quelques jours à peine après la découverte de Künckel et Langlois :

« Je le répète, ce champignon microscopique se répand seul. Il n'est pas nécessaire d'en couvrir les champs; mis en un point il se répandra tout seul sur un certain rayon.....

« La solution du problème est trouvée non seulement pour les criquets, mais pour *tous les insectes nuisibles* très probablement. Ce n'est plus maintenant qu'une question de pratique...

« Pour recouvrir un hectare de terre cela coûtera en moyenne de 7 à 8 francs *au maximum*, peut-être moins. Nous sommes loin des millions votés pour la destruction des criquets ». (*Dépêche algérienne*, 14 juin 1891.)

Et deux mois plus tard :

« Nous n'hésiterons pas à dire que nous avons obtenu déjà des résultats positifs dans la nature, c'est-à-dire que nous avons pu contaminer au bout de six jours sur des lieux de ponte *des millions de jeunes criquets* en répandant sur le sol des criquets adultes tués par le cryptogame et pulvérisés et des spores diluées dans de l'eau. » (*La Nature*, 22 août 1891, p. 186.)

Cependant dès leur première publication, MM. Künckel et

(1) Le lecteur désireux de suivre ces débats pourra consulter utilement les documents suivants :

1° La *Dépêche algérienne*, n^{os} des 14, 15 et 17 juin 1891;

2° Ch. Brongniart : *Les champignons entomophytes* (*La Nature*, n° 951, 22 août 1891);

3° A. Giard : *Le champignon parasite des criquets* (*La Nature*, n° 956, 26 septembre 1891);

4° Ch. Brongniart : *Le criquet pèlerin* (*Le Naturaliste*, n° 110, 1er octobre 1891);

5° Ch. Brongniart : *Les champignons parasites observés sur les criquets pèlerins* (Société nationale d'Agriculture de France, 21 novembre 1891);

6° A. Giard : *Réponse à M. Ch. Brongniart* (Bulletin de la Société entomologique de France, 23 mars 1892, pl. LXXXIV).

Langlois, bien placés pour observer les effets du cryptogame qu'ils avaient découvert, annonçaient : 1° que ce champignon constituait une maladie purement superficielle et assez bénigne ;

2° Que la contamination s'opérait difficilement entre criquets infestés et criquets sains placés dans les mêmes récipients et même contractant des unions sexuelles ;

3° Que la maladie atteignait surtout les individus parvenus au terme de leur évolution.

Ces diverses constatations ont été bientôt appuyées par nos propres recherches et par celles du professeur Trabut. Les essais d'infestation que nous avons tentés à l'aide du *Lachnidium*, soit sur le criquet pèlerin, soit sur nos orthoptères indigènes (*Locusta viridissima*, *Decticus verrucivorus*, divers *Stenobothrus*) nous ont prouvé que la maladie ne se communiquait d'une façon certaine que par inoculation et que la survie des individus inoculés était parfois très longue. Le *Lachnidium*, au lieu de pénétrer dans les tissus comme les Entomophthorées et les Isariées entomophages, végète superficiellement et ne devient dangereux pour l'insecte que lorsqu'il envahit les trachées et détermine des phénomènes d'asphyxie.

D'ailleurs, le *Lachnidium* ne peut se développer que dans certaines conditions d'humidité qui se trouvent rarement réalisées en Algérie, et il n'est pas prouvé jusqu'à présent que ce cryptogame puisse atteindre les œufs du criquet pèlerin même lorsque ceux-ci proviennent de parents infestés.

Il serait donc peu scientifique, il serait même dangereux au point de vue des intérêts de la science pure et de ses applications aux questions agronomiques, d'entretenir l'enthousiasme que certains vulgarisateurs ont cherché à provoquer (1). Ce serait discréditer à plaisir une méthode qui, appliquée avec plus de discernement et en s'appuyant sur des recherches plus sérieuses, pourra donner dans certains cas des résultats excellents.

Nous ne prétendons pas d'ailleurs qu'il faille absolument négliger le secours que nous offre le *Lachnidium* pour combattre

(1) Voir notamment dans les Chroniques documentaires du *Figaro* l'article d'E. Gautier, *Le choléra des sauterelles* (13 septembre 1891).

un fléau contre lequel toutes les armes dont nous pouvons disposer ne seront jamais trop puissantes.

Le Dr Trabut a remarqué que ce cryptogame a présenté cette année (1892) un développement et une extension remarquables et qu'il pouvait contribuer dans une mesure appréciable à la destruction des criquets adultes et déjà affaiblis (1). Mais il y a loin de ces observations précises et sagement réservées à la destruction des millions de jeunes criquets sur les lieux de ponte annoncée avec tant de fracas. Dans les moments de calamités publiques les populations éprouvées n'ont malheureusement pas besoin d'être invitées à recourir aux conseils des charlatans.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 9.

Fig. 1. — Formation des chlamydospores de *Lachnidium* (culture vieille) : *a*, *b*, *c*, développement progressif des chlamydospores.

Fig. 2. — Forme *Mystrosporium*.

Fig. 3. — Mycelium du *Lachnidium* dans un milieu humide et sucré : *sp*, spores corridiales simples; *ves*, renflements vésiculaires des cellules du mycelium.

Fig. 4. — Culture jeune de *Lachnidium* : *sp*, spore simple; sp_1, spore cloisonnée; sp_2, spores en croissant ou sélénospores cloisonnées.

(1) L. Trabut : *Notes sur un parasite des Sauterelles* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 13 juin 1892); voir aussi *Le Fellah*, n° 56, 30 septembre 1892.

RECHERCHES SUR LA MOLE

MALADIE DU CHAMPIGNON DE COUCHE

Par MM. J. COSTANTIN et L. DUFOUR *(Suite)*.

II. — Étude anatomique.

L'étude anatomique du champignon malade et de son parasite nous conduit à diviser les individus attaqués de la même manière que le simple examen externe.

I. *Forme commune*. — Si l'on vient à examiner un échantillon présentant la forme commune qui a été arraché de la meule et éloigné des champignons sains le plus rapidement possible, on voit que le parasite ne se manifeste à l'extérieur que sur les feuillets. Si l'on porte sous le microscope les filaments qui sortent de ces organes, on voit que les uns sont stériles et simples (1) et les autres sont ramifiés et fructifères. On a ainsi un *Verticillium* à grandes spores qui est représenté figures 24, 25 et 26 (pl. 18). En prenant quelques précautions en faisant la préparation, on peut constater que les grandes spores sont réunies en petit nombre en capitule à l'extrémité des branches. Ces spores sont de taille et de structure variables ; les plus grandes sont bicellulaires (16 à 20 μ sur 3 μ 5), les plus petites et les plus nombreuses unicellulaires (8 sur 3 μ). Le diamètre des filaments fructifères va en diminuant régulièrement de la base au sommet, il atteint dans cette première région 3 μ 5 à 4 μ. Il y a à retenir deux faits de la description précédente : les grandes dimensions des spores et la forte épaisseur de la tige fructifère.

(1) Si l'on enlève les échantillons assez tôt, il n'y a pas encore de spores du parasite sur les feuillets.

Le parasite, qui se trahit ainsi à l'extérieur sur les feuillets, peut être aisément mis en évidence dans les tissus internes du champignon attaqué en traitant les coupes de ce dernier par le liquide de Loeffler. Les filaments stériles parasitaires se colorent ainsi en bleu sombre et se retrouvent partout dans le pied et le chapeau, mais c'est surtout dans les lames qu'ils abondent. Dans chaque section de ces organes, on en voit deux à six ayant à peu près la même direction parallèle à la surface des feuillets (fig. 41, pl. 19). De place en place, certains de ces filaments quittent cette région médiane et se dirigent vers la surface où on les voit sortir sous la forme des branches fructifères signalées précédemment (fig. 41, *v*). Il est à remarquer que le diamètre des hyphes du parasite se réduit un peu en arrivant à l'extérieur, car dans la partie médiane des lames il est de 4µ 5.

Si les champignons malades sont enlevés dans l'état que nous venons de décrire, les chances de propagation de la môle sont encore faibles, car les spores du *Verticillium* sont encore peu nombreuses. Si les champignonnistes pouvaient, par une surveillance constamment en éveil, toujours enlever les individus contaminés à ce stade de l'évolution du mal, la maladie ne prendrait pas une grande extension et ne serait probablement pas bien redoutable.

Les industriels qui cultivent les champignons aux environs de Paris ont appris, par une expérience de près d'un siècle de culture dans les souterrains, à redouter les effets de la moindre négligence relative à la propreté des carrières : ils font nettoyer les meules d'une manière constante et c'est grâce à cette lutte incessante que la maladie ne s'étend pas (1). Il arrive cependant d'une manière inévitable, quand il s'agit de carrières immenses ayant plusieurs kilomètres de longueur, que certains coins ne sont pas visités assez souvent; alors la maladie s'accroît et les caractères présentés par les individus atteints se modifient.

(1) C'est peut-être à un manque de surveillance qu'il faut attribuer les insuccès des diverses cultures faites à l'étranger par des champignonnistes moins expérimentés que les industriels français.

Tout le champignon apparaît comme enveloppé d'une couverture blanche épaisse formée d'un feutrage de filaments allongés, ramifiés irrégulièrement en verticilles (fig. 34, pl. 18), qui portent des chlamydospores bicellulaires pouvant être rattachées à l'ancien genre *Mycogone* (fig. 27 à 33). Assez fréquemment le pied et le chapeau ne présentent que cette fructification bicellulaire (fig. 32), qui se développe de la manière suivante. A l'extrémité d'un filament très court, on voit se produire une cellule arrondie renflée, au-dessous de laquelle s'en différencie bientôt une seconde (fig. 38); dans quelques cas assez rares, trois cellules assez semblables se distinguent à l'extrémité du filament fructifère, elles sont alors assez allongées, surtout la dernière (fig. 30 et 33), mais normalement la chlamydospore est bicellulaire. Au début les deux cellules sont lisses et presque égales, mais bientôt la cellule terminale se renfle; à ce stade, l'appareil reproducteur est encore incolore et c'est probablement sous cette forme jeune qu'il a été observé par M. Magnus et M. Cooke (1). Nous verrons par l'étude de la culture sur différents milieux stérilisés que cette apparence est trompeuse et que ces chlamydospores se colorent nettement en brun. Cette coloration peut d'ailleurs s'observer aussi sur des *Psalliota* assez âgés. La coloration brune existe surtout sur la cellule terminale; la seconde cellule est assez rarement teintée autant que la première. Le diamètre de la première, qui est sphérique, est de 16 à 20 μ (rarement 22 à 23 μ); elle est couverte de verrues, mais à une certaine mise au point, la membrane de cette cellule se montre couverte d'un réseau à mailles assez larges. La largeur de la petite cellule varie entre 14 et 16 μ; la longueur de l'ensemble des deux cellules se maintient entre 28 et 33 μ.

II. *Forme sclérodermique.* — Quand on vient à examiner des individus encore jeunes de la deuxième forme désignée par nous sous le nom de sclérodermique, avant que la teinte rose violacée n'ait fait son apparition, on ne trouve pas trace du pa-

(1) Le premier de ces auteurs dit que les spores sont blanches et hyalines; le second qu'elles se rapportent peut-être au *Mycogone alba*, malgré leur couleur ambrée (*loc. cit.*).

rasite sur toute la surface du champignon. Mais lorsque la teinte gris rosé se montre, un léger velouté devient visible en même temps et envahit tout le *Psalliota* déformé à partir de la base. Ce tomentum très délicat est constitué par une forêt serrée de petits arbuscules fructifères affectant encore la forme d'un *Verticillium*, mais à rameaux beaucoup plus grêles à verticilles plus écartés, ayant au plus 1 μ 5 à 2 μ de diamètre; on remarque, en même temps, que les spores sont beaucoup plus petites et infiniment plus nombreuses, elles mesurent 4 μ sur 2 μ (rarement 8 μ sur 2 μ 7) et sont toujours unicellulaires; elles peuvent être agglomérées à l'extrémité des rameaux fructifères en sphères qu'une goutte d'eau dissocie.

C'est cet appareil qui est représenté par les figures 42 à 44 (pl. 19) que nous désignerons sous le nom de *Verticillium à petites spores.*

Ainsi donc, les échantillons de la forme sclérodermique ne contribuent pas, au début, à la propagation de la maladie, car on peut cueillir sur la meule des individus ne présentant pas une seule fructification parasitaire; mais lorsque ces dernières ont fait leur apparition, ces formes anormales deviennent tout à fait redoutables tant par le nombre immense de spores qu'elles produisent que par la facilité avec laquelle ces corps reproducteurs germent.

En résumé, les individus malades peuvent se distinguer en deux catégories définies et par les caractères externes du champignon malade et par la fructification étrangère qui s'y observe :

1° *La forme commune* à gros pied, à feuillets développés et ondulés présentant au début sur les feuillets seulement le *Verticillium à grandes spores*, puis plus tard le *Mycogone* sur le pied, le chapeau et les feuillets;

2° *La forme sclérodermique* à pied tuberculeux, à tête réduite ou nulle, n'offrant d'abord aucun appareil reproducteur, puis bientôt couverte de *Verticillium à petites spores* exclusivement.

L'étude précédente peut conduire à des interprétations différentes. On peut penser : 1° ou bien que ces deux formes (que les champignonnistes regardent comme appartenant à un même

mal) correspondent à deux maladies distinctes; 2° ou bien qu'elles ne constituent qu'une seule maladie se présentant sous deux aspects distincts qui correspondent à des conditions différentes de développement.

En adoptant cette première hypothèse, on pouvait être amené à conclure que l'une de ces maladies était celle observée par MM. Magnus, Cooke et Prillieux (1), l'autre étant peut-être celle que M. Stapf (2) a décrite à Vienne. Cet observateur n'a vu, en effet, que des *Verticillium* grêles sur les champignons malades. M. Prillieux pense que la maladie observée par M. Stapf est due à un autre *Hypomyces*, peut-être l'*Hypomyces ochracea*.

Quoi qu'il en soit de l'identité de ce que nous avons désigné sous le nom de forme sclérodermique et de la maladie observée à Vienne, il nous paraissait très singulier que les champignonnistes désignassent sous le même nom de Môle deux maladies différentes. Nos hésitations à séparer ces deux états pathologiques étaient d'autant plus compréhensibles qu'un *Verticillium* était commun aux deux formes de champignons malades. Une forme de passage entre les deux aspects de la maladie nous a permis, en effet, de résoudre une question que l'examen anatomique ne nous avait pas permis d'élucider jusque-là.

III. — Étude d'une forme sclérodermique a mycogone.

Cet échantillon provenait d'une carrière où une grande épidémie avait sévi. A la suite de la fermeture d'une cheminée d'air, la maladie avait envahi tout un carré énorme; en vingt-quatre heures, presque tous les individus avaient été attaqués, c'est à peine s'il existait çà et là quelques échantillons sains sur les meules. L'aspect de cette grande étendue de culture était lamentable et une odeur âcre, très forte, s'en dégageait et se faisait sentir à une grande distance. Cette odeur de la môle est caractéristique et se retrouve partout où la maladie sévit avec intensité.

(1) Voir *loc. cit.*

(2) *Deux fois* il a trouvé des chlamydospores tombées (4 chlamydospores en tout), mais sans pouvoir établir le lien avec le *Verticillium*.

C'est parmi ces échantillons malades que nous avons trouvé les formes gigantesques, dont une a été figurée (pl. 17, fig. 18); ces formes monstrueuses n'étaient encore couvertes que de *Verticillium* à petites spores. Mais c'est au milieu de ces champignons attaqués que nous trouvâmes l'individu qui est représenté, fig. 23, pl. 17, et qui mérite une mention spéciale à cause des particularités singulières qu'il offre.

En examinant ce champignon déformé (fig. 23) par l'invasion du parasite, et qui rappelait par sa forme un Scléroderme, nous avons constaté l'existence à sa surface à la fois d'un velouté gris rosé et d'un duvet blanchâtre. Sur la partie inférieure de ce tubercule, la fructification *Verticillium* à petites spores était prédominante avec ses caractères ordinaires. Sur la partie supérieure, on pouvait observer le *Mycogone*, et par des transitions insensibles, on passait de l'appareil fructifère à *Mycogone* et *Verticillium* à grandes spores au *Verticillium* à petites spores.

Cette observation nous a conduit à la conclusion suivante :

Dans quelques cas très exceptionnels, on peut observer des Mycogone *sur des champignons de forme sclérodermique et le* Verticillium *à petites spores peut coexister avec le* Mycogone *et le* Verticillium *à grandes spores.*

Il n'y a donc d'après cela qu'*une seule maladie se manifestant sous deux aspects distincts* qui correspondent à des déformations spéciales et sont caractérisés par des appareils reproducteurs particuliers.

IV. — Culture sur milieux stérilisés.

Nous nous sommes efforcé, dès le début, de cultiver le parasite et ses différentes formes. Cette nouvelle étude nous a conduit immédiatement à un résultat intéressant : le parasitisme de la moisissure produisant la maladie est facultatif. C'est là une conclusion qui n'avait pas lieu de nous étonner, car l'un de nous (1) avait déjà, il y a quelques années, obtenu en cultures

(1) Costantin : *Bull. de la Soc. Mycol.*, t. V, p. 113. M. Brefeld a également dans ces derniers temps cultivé les *Sepedonium*.

pures un parasite analogue qui se développe sur les Bolets et qui pourra devenir redoutable le jour où une méthode pratique de la culture du Cep sera trouvée.

L'aspect que présente la culture est très différent, suivant qu'il s'agit de l'une ou l'autre des deux formes signalées dans l'étude externe et interne des Agarics attaqués.

I. Si l'on vient à semer sur pomme de terre les conidies du *Verticillium* à grandes spores qui existent seules, au début, sur les feuillets, on obtient une culture présentant à la fois des conidies et des chlamydospores, le *Verticillium* et le *Mycogone*. Le mycelium, dans les tubes où le semis est fait, se développe beaucoup, s'étend entre la pomme de terre et la paroi de verre; quand les fructifications de *Mycogone* commencent à se former, une teinte noisette (*avellanus* de Saccardo : chromotaxia n° 7), se manifeste au centre, la périphérie demeurant blanche; cette nuance d'abord très claire devient plus foncée (intermédiaire entre *isabellinus* et *umbrinus* de Saccardo n° 8 et 9). Les grandes spores de *Verticillium* existent également, mais relativement en petit nombre, et nous avons obtenu des cultures sur pomme de terre ne présentant que des chlamydospores. Ainsi donc en partant des conidies nous avons obtenu des chlamydospores. Nous n'avons même pu avoir que ces dernières, par conséquent uniquement des *Mycogone*, mais nous n'avons pas réussi à cultiver le *Verticillium* à grandes spores isolément. Quand, comme sur la carotte, cette forme était abondante, elle était cependant accompagnée de *Mycogone*.

II. Quand on dépose sur une tranche de pomme de terre stérilisée les petites spores du *Verticillium* signalé précédemment sur les champignons atrophiés, et rattachés à ce que nous avons désigné sous le nom de forme sclérodermique, les cultures prennent un tout autre aspect. Le mycelium s'étend peu, la moisissure forme une sorte de gazon très dense, très peu élevé à la surface de la pomme de terre. La membrane ainsi formée, qui reste indéfiniment blanche, se plisse bientôt et présente des circonvolutions nombreuses comme un cerveau. L'examen microscopique de la culture ne révèle que le *Verticillium* à petites

spores avec une richesse extraordinaire de fructifications; ces dernières sont formées de têtes sporifères sphériques quand on fait des préparations à sec; une goutte d'eau ou d'un autre liquide dissocie instantanément les spores ainsi agrégées au nombre de dix à quinze.

Dans toutes les conditions de culture où nous nous sommes placés, en variant les milieux nutritifs (1), la température, nous n'avons jamais observé de transformation d'une culture dans l'autre; jamais nous n'avons vu le *Verticillium à petites spores* prendre les caractères du *Verticillium à grandes spores* ou inversement.

V. — Question de spécification.

Un point intéressant reste maintenant à élucider. A quelle espèce faut-il rapporter le parasite qui nous a occupé jusqu'ici? Le *Mycogone cervina* se rapproche un peu du parasite du champignon de couche par la teinte de ses spores, mais il en diffère par la dimension des chlamydospores (2) (12 à 14 μ au lieu de 20 à 23 μ); son habitat est d'ailleurs différent, car on ne l'observe que sur les Ascomycètes (*Peziza macropus*, *hemisphærica*, *Helvella crispa* et *lacunosa*).

Le *Mycogone rosea*, que M. Prillieux (3) a cru pouvoir identifier avec l'espèce actuelle, nous paraît en différer par la dimension des chlamydospores (35 à 40 μ sur 30 d'après M. Boudier), par leur coloration qui est rose vineux.

Il nous semble, d'après ces constatations, qu'il y a lieu, dans l'état actuel de nos connaissances sur les *Mycogone*, de considérer le parasite du *Psalliota campestris* comme une espèce distincte que nous appellerons *Mycogone perniciosa* Magnus (4), bien que M. Magnus n'en ait donné qu'une description insuffi-

(1) Nous avons cultivé avec succès sur gélatine : le mycelium du *Verticillium* à petites spores se développe en cercles, avec des zones annulaires où les fructifications sont plus abondantes.

(2) Saccardo a indiqué des dimensions inexactes. Voir Costantin : *Notes sur quelques parasites des Champignons supérieurs* (Bull. de la Soc. bot., 1888, t. XXXV, p. 254), et Boudier : *Quelques espèces nouvelles de Champignons inférieurs* (Bull. de la Soc. mycolog., t. VII, p. 81).

(3) *Loc. cit.*

(4) *Loc. cit.*

sante, car il regarde les chlamydospores comme blanches; elles n'ont en réalité cette teinte qu'au début. Elles passent rapidement aux teintes *avellanus* et *umbrinus* indiquées plus haut par l'examen des cultures.

S'agit-il d'un *Hypomyces* comme le pensait Tulasne? c'est là un point non élucidé jusqu'ici. M. Cornu (1) a signalé autrefois une dépendance entre un *Melanospora* et le *Mycogone rosea*, mais il serait utile de vérifier ce résultat par la culture; enfin l'un de nous (2) a observé une relation entre le *Mycogone cervina* et des bulbilles non signalées jusqu'ici.

VI. — Chancre.

Avant d'aborder l'étude des questions intéressant les conditions de développement de la maladie, nous avons à dire quelques mots des champignons qui, d'après les champignonnistes, sont atteints du *chancre*.

Il ne nous a pas paru que ce mot avait dans toutes les carrières une acception uniforme. Pour certains industriels, un champignon a le chancre quand son chapeau est comme bosselé, boursouflé à sa partie supérieure; pour d'autres, ce nom s'applique à des Agarics épanouis dont un secteur des feuillets se trouve couvert d'une moisissure blanche.

Dans l'un et l'autre cas, nous nous sommes convaincus qu'il n'y avait pas lieu de donner un nom nouveau à cette maladie, c'est tout simplement la môle qui affecte une forme un peu spéciale.

1er type. Parmi les individus chancreux du premier type (fig. 37 et 38, pl. 19), ceux à chapeau bosselé, il existe deux catégories d'échantillons qui se distinguent aisément après un séjour de vingt-quatre heures sous cloche dans le laboratoire. A la surface des mamelons irréguliers des premiers (fig. 37), on voit se former un duvet blanc composé surtout de *Mycogone*. La même région chez les seconds (fig. 38, pl. 20), en général plus petits,

(1) Cornu : *Notes sur quelques Hypomyces* (Bull. de la Soc. bot., 1881, p. 16).
(2) Costantin : *Loc. cit.* (Soc. bot. 1888, p. 254.)

à chapeau différencié, se couvre d'un velours très fin et rosé dû à la présence de *Verticillium* à petites spores. Il y a chez ces individus une localisation particulière des filaments du parasite qui sont abondants surtout dans la partie supérieure du chapeau.

2e *type*. Le deuxième type de chancre comprend les champignons d'aspect tout à fait normal, épanouis, et présentant seulement sur un secteur des feuillets une moisissure (fig. 36, pl. 20). Ici encore, le parasite n'est autre que celui qui produit la môle. Il présente cette particularité que la contamination de l'agaric a été très tardive, un petit nombre de spores seulement ont germé sur les feuillets d'un chapeau sain et l'extension du mal a été faible.

Il est compréhensible, dans ce dernier cas, que les champignonnistes donnent des noms différents à une même affection qui n'est reconnaissable, définie pour eux, que par certaines déformations extérieures; pour nous la maladie est définie uniquement par la présence du parasite qui peut, en envahissant le champignon de couche plus ou moins tôt, en s'étendant à des degrés divers soit en surface, soit en profondeur, produire des déformations variées.

SUR UNE MALADIE DU PLATANE

Par M. LECLERC DU SABLON.

Depuis deux ans, j'ai eu l'occasion de faire quelques observations sur une maladie des Platanes qui se manifeste de la façon suivante. Dès le mois de mai, on voit certains bourgeons se dessécher et jaunir, il en est souvent ainsi tout le long d'un rameau. Un peu plus tard, un certain nombre de feuilles plus ou moins développées présentent, ordinairement vers la base de la nervure médiane, une petite tache jaune, et ne tardent pas à tomber. Vers la fin de mai et en juin, les Platanes peuvent de cette façon perdre un grand nombre de feuilles. Sur toutes les feuilles qui tombent ainsi prématurément, on peut découvrir une partie malade ; souvent le limbe est complètement intact ; c'est alors le pétiole qui est attaqué, et porte une petite tache jaune. Ce sont les branches les moins élevées qui sont les plus attaquées.

Lorsque le temps est humide et pluvieux, la maladie redouble d'intensité et retarde beaucoup le développement des Platanes, mais dès que la saison sèche commence, les feuilles cessent de tomber, et les Platanes reprennent peu à peu leur aspect ordinaire tout en ayant un feuillage moins épais que les années ordinaires. La maladie semble alors avoir disparu ; mais avec un peu d'attention, on voit que les petites branches qui portaient les feuilles ou les bourgeons malades, sont en partie desséchées et présentent à leur surface de petites pustules qui vont être étudiées en détail.

Les choses restent en cet état jusqu'au printemps suivant ; on voit alors, surtout si le temps est humide, la maladie apparaître avec les mêmes symptômes que l'année précédente.

Cette maladie du Platane présente tous les caractères d'une maladie cryptogamique. En examinant une feuille tombée de l'arbre, on voit en effet sur le pétiole ou sur une grosse nervure de petits points noirs qui semblent formés par un soulèvement de l'épiderme. Si l'on fait une coupe au niveau de ce point noir, on y voit une sorte de réceptacle renfermant des spores en très grande abondance (pl. 20, fig. 1 et 3), ces spores se rapportent au *Glæosporium Platani* (famille des *Mélanéoniées* que l'on peut considérer comme des Ascomycètes dont on ne connaît pas les asques) décrit dans l'ouvrage de M. Saccardo (1).

Sur beaucoup de feuilles malades qui viennent de tomber, on ne voit pas de pareils réceptacles : il suffit, dans ce cas, de maintenir les feuilles pendant quelques jours dans une atmosphère humide, pour voir apparaître sur les nervures de petites saillies qui indiquent la place des spores. Le *Glæosporium Platani* existe donc sur toutes les feuilles malades, on ne le rencontre d'ailleurs que sur celles-là. On peut donc le considérer comme étant la cause de la maladie du Platane.

Sur les tiges qui paraissent malades, on trouve aussi des réceptacles indiqués à l'extérieur par de légères excroissances. Ces réceptacles sont semblables à ceux qui se sont développés sur la feuille, et renferment des spores ; on doit donc les rapporter aussi au *Glæosporium Platani*.

1. *Appareil végétatif*. — Le mycélium du *Glæosporium Platani* se compose de filaments ramifiés remplis d'un protoplasma épais que l'on peut colorer avec l'hématoxyline, le bleu d'aniline picro-acétique ou la fuchsine.

Ces mêmes réactifs permettent aussi de distinguer de nombreux noyaux ; de loin en loin on peut voir une cloison transversale ; mais ces cloisons sont souvent difficiles à mettre en évidence. On les voit plus aisément en traitant pendant quelques minutes les préparations par le liquide cupro-ammoniacal et en colorant ensuite le protoplasma par le bleu d'aniline picro-

(1) *Sylloge Fungorum*, vol. III, p. 711.

acétique. Le contenu des cellules est alors coloré en bleu, et les cloisons transversales gonflées restent incolores.

Les filaments mycéliens végètent à l'intérieur des cellules (fig. 2), et y forment même quelquefois de petits pelotons serrés. On peut les voir dans les éléments cellulaires les plus divers : les cellules de parenchyme, de sclérenchyme, de collenchyme, les fibres, les vaisseaux. Pour passer d'une cellule à l'autre les filaments utilisent en général les ponctuations des membranes. Dans une partie de tige de Platane envahie par le parasite, presque toutes les ponctuations des cellules sont occupées par un filament mycélien.

Un tissu mou dans lequel végète le mycélium, se désorganise rapidement, le protoplasma disparaît, les parois cellulaires brunissent et se ratatinent. Aussi pour étudier la structure du mycélium, est-il préférable de faire des coupes dans des tissus plus résistants, tels que la moelle déjà lignifiée, les fibres, ou le sclérenchyme.

Dans le voisinage des appareils de fructifications et quelquefois même à l'intérieur de certaines cellules, les filaments mycéliens se peletonnent de façon à former comme une sorte de faux tissus, mais c'est surtout en hiver, alors que la végétation du Champignon est arrêtée, que l'on trouve les exemples les plus intéressants de faux tissus.

On peut voir alors, à la place où se forment ordinairement les spores, c'est-à-dire au-dessous des deux ou trois assises de cellules collenchymateuses, qui constituent la partie externe de l'écorce du Platane, une sorte de petit sclérote formé par des filaments de mycélium serrés les uns contre les autres et même complètement soudés entre eux. Ces filaments sont ordinairement orientés perpendiculairement à la surface de la tige du Platane, de sorte que si l'on fait une section parallèlement à cette surface, on voit un faux tissu formé de cellules hexagonales, quelquefois très régulières.

Ces sclérotes ont au plus un millimètre dans leur plus grande dimension, ils soulèvent la partie externe de l'écorce du Platane et déterminent une saillie à la surface de la tige; on peut ainsi

de l'extérieur reconnaître la présence de ces sclérotes qui présentent le même aspect que les amas des spores.

2. *Appareil reproducteur.* — Les spores du *Glæosporium Platani* se forment, on le sait, dans les tissus mêmes du Platane, non loin de la surface externe de la feuille ou de la tige. Dans la feuille, ces appareils se trouvent sous la paroi externe des cellules épidermiques, les parois internes de l'épiderme ainsi que quelques cellules sous-jacentes ayant été détruites pendant la formation des spores. Dans la tige, les spores se forment un peu plus profondément; sous l'épiderme se trouvent en effet deux ou trois assises de cellules d'apparence collenchymateuse dont les parois résistent plus que le parenchyme sous-jacent à l'invasion du parasite; c'est en dessous de cette couche collenchymateuse que se forment les spores. En se développant, cet appareil sporifère exerce une pression sur les tissus qui sont au-dessus de lui, et finit par les rompre. Les spores arrivent ainsi au contact de l'atmosphère et peuvent se disséminer.

La structure d'un appareil sporifère arrivé à un état moyen de développement, est la suivante (fig. 3 et 4) : Le mycélium qui végète dans le tissu cortical devient de plus en plus dense dans le voisinage du réceptacle, désorganise le tissu du Platane, et s'y substitue sur une certaine étendue. Le faux tissu qui se forme ainsi, a une épaisseur très faible, et limite le réceptacle à spores de tous les côtés, sauf du côté de l'extérieur. La forme de ce réceptacle est en général concave. Sur la surface interne, des filaments du mycélium se détachent du faux tissu et s'élèvent dans l'intérieur du réceptacle, serrés les uns contre les autres. Au sommet de chaque filament, on voit ordinairement une spore ovale renfermant un noyau ; quelquefois, mais rarement, les filaments sporifères sont ramifiés, et chaque branche forme une spore. C'est dans cet état qu'on observe le plus facilement l'appareil sporifère du *Glæosporium Platani.*

A sa partie supérieure, dans le voisinage de la spore, le filament mycélien est rétréci, la spore n'est donc plus retenue que par un mince stérigmate qui ne tarde pas à se gélifier. La spore

est alors libre à l'intérieur du réceptacle et le filament sporifère peut reformer une autre spore à son extrémité. Les filaments sporifères ne s'allongeant pas en raison du nombre des spores formées, leur longueur diminue peu à peu et finit par devenir à peu près nulle dans les réceptacles âgés, tandis qu'elle est relativement grande dans les réceptacles jeunes. C'est sans doute à cause de cette particularité que l'on a cru devoir distinguer sur la feuille de Platane deux espèces de *Glæosporium* (1), le *G. Platani* à filaments sporifères courts (5-6 μ) et les *G. nervisequum* à filaments sporifères plus longs (20-25 μ). En examinant un certain nombre de réceptacles on trouve toutes les longueurs intermédiaires. Les deux espèces, qui diffèrent surtout par la longueur des filaments sporifères, ne doivent donc pas être considérées comme distinctes. Le *Glæosporium valsoideum* ne doit pas non plus être considéré comme distinct du *G. Platani*, la seule différence entre ces deux plantes étant que l'une (*G. Platani*) se trouverait sur la feuille du Platane, tandis que l'autre (*G. valsoideum*) se trouverait sur la tige.

Lorsque les spores se sont détachées du filament qui les a produites, elles s'accumulent dans la cavité du réceptacle, reliées ordinairement entre elles par une matière gélatineuse. Quelquefois on voit les spores provenant d'un même filament rangées encore en files et attestant ainsi, par leur disposition, leur origine commune. Les spores remplissent ordinairement la cavité entière du réceptacle et c'est leur masse toujours grandissant qui fait éclater l'épiderme du Platane.

Au printemps j'ai observé plusieurs fois des réceptacles en voie de formation au contact d'une sclérote. Dans ce cas, le faux tissu qui doit porter les filaments sporifères se forme à la face interne du sclérote et les spores en se formant repoussent le sclérote vers l'extérieur. Pendant ce temps, le sclérote se modifie; les parois des cellules qui le composent, d'abord parfaitement nettes, se gélifient peu à peu, le contenu protoplasmique devient de moins en moins dense; le sclérote tout entier paraît

(1) Voy. Saccardo, *loc. cit.*

employé à nourrir l'appareil sporifère qui se développe à sa face interne. J'ai observé souvent des sclérotes aux différents états de la décomposition que je viens d'indiquer, mais je n'ai jamais observé de germination directe de ces organes de réserve.

La figure 5 représente une portion d'un appareil sporifère en voie de formation; il s'est d'abord formé, sur l'enchevêtrement de filaments mycéliens, une mince couche de faux tissu de laquelle se détachent un certain nombre de filaments dont le contenu protoplasmique est particulièrement dense; c'est à l'extrémité de ces filaments que se formeront les spores.

3. *Culture.* — J'ai essayé de cultiver le *Glæosporium Platani* dans un milieu nutritif pour mieux en connaître la structure. La germination des spores se produit facilement dans la gélatine ou l'agar additionné d'un peu de décoction de feuille de Platane. La spore se gonfle d'abord un peu, puis la cuticule éclate et l'on voit se développer un tube mycélien presque aussi large que la spore. La région de la spore où le tube mycélien prend naissance n'est pas déterminée d'avance, c'est tantôt à une des extrémités, tantôt sur les côtés. Le filament ainsi formé s'allonge rapidement, se cloisonne et se ramifie. Il est alors facile d'étudier la forme et la structure du mycélium développé dans des cellules à culture.

Le mycélium peut présenter plusieurs aspects différents; dans l'air il est ordinairement formé de filaments longs, réguliers, ne partant des cloisons transversales que de loin en loin. A l'intérieur du milieu nutritif au contraire, les filaments mycéliens sont irréguliers, tortueux et présentent des cloisons transversales beaucoup plus rapprochées les unes des autres. Dans certains cas on voit nettement ces deux formes de mycélium en continuité l'une avec l'autre.

Le mycélium se développe ainsi rapidement soit à l'intérieur soit à l'extérieur du milieu nutritif. Au bout de cinq ou six jours les spores commencent ordinairement à apparaître ; mais dans certains cas, je n'ai pas vu les spores se former et j'ai observé

qu'en certains points du mycélium se développaient de nombreux petits rameaux serrés les uns contre les autres (fig. 7); c'était de petits sclérotes en voie de formation et comparables à ceux qui existent dans les tissus d'un Platane malade.

Les spores se forment à l'extrémité d'un filament mycélien comme lorsque le Champignon est parasite ; mais, dans une culture, le mycélium étant moins gêné dans son développement, les filaments sporifères sont moins serrés les uns contre les autres et sont disséminés dans toute l'étendue du mycélium au lieu d'être réunis en certains points spéciaux. Il est aussi beaucoup plus facile dans une culture d'étudier la disposition des filaments sporifères par rapport au reste du mycélium. Les spores sont portées à l'extrémité de filaments de longueur variable et ne diffèrent des filaments non sporifères que par un contenu protoplasmique plus abondant. Certaines spores sont portées par un stérigmate très court inséré sur le côté d'un filament et paraissent ainsi presque sessiles. Sur un même rameau du mycélium (fig. 10) on voit des spores portées par des filaments de longueur très inégale.

On voit donc qu'il y a peu d'uniformité dans la disposition des spores sur le mycélium. C'est une raison de plus pour ne pas considérer le *Glæosporium Platani* et le *G. nervisequum* qui diffèrent surtout par la longueur des filaments sporifères, comme deux espèces distinctes.

Les spores une fois mûres, ne tardent pas à se détacher du filament qui les a produites et tombent ; d'autres spores se reforment à l'extrémité des filaments sporifères et bientôt les cultures sont encombrées d'une quantité énorme de spores.

4. *Traitement de la maladie.* — L'étude du développement et de la propagation du *Glæosporium Platani* peut fournir des indications utiles pour préserver le Platane de ce parasite. Le mycélium ne se trouve en effet que sur les feuilles et les tiges jeunes, âgées d'un ou deux ans, rarement de trois ans. Il suffirait donc pour débarrasser complètement un arbre du champignon de le tailler en hiver de façon à enlever toutes les jeunes branches. Dans

certaines régions et notamment dans la vallée du Rhône, les Platanes sont taillés assez fréquemment; je n'ai jamais observé le *Glæosporium* sur les arbres taillés depuis peu d'années, alors même que des Platanes non taillés et malades se trouvaient dans le voisinage. On peut en conclure que les spores emportées au loin par le vent ne germent que très rarement. Il est probable que la propagation des spores est surtout faite par la pluie ; une goutte d'eau en tombant d'une feuille sur une autre entraîne les spores qui se trouvent immédiatement dans des conditions favorables à la germination. Cette manière de voir est d'ailleurs corroborée par ce fait que sur un Platane donné les branches les plus attaquées sont les inférieures, c'est-à-dire celles qui reçoivent l'eau qui a déjà mouillé les rameaux supérieurs.

Dans le cas où le *Glæosporium* aura pris un développement très grand, on devra donc tailler les Platanes, et les tailler complètement sans laisser subsister aucune brindille pouvant renfermer le parasite. On se débarrassera ainsi d'un parasite qui peut porter le plus grand tort aux arbres sur lesquels il se développe.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 20.

Fig. 1. Coupe transversale dans la nervure médiane d'une feuille de Platane montrant des amas de spores dont les uns (*a*) sont encore recouverts par la cuticule du Platane ; les autres (*b*) ont été mis à nu par la rupture de la cuticule.

Fig. 2. Cellule collenchymateuse de l'écorce du Platane montrant le mycélium (*m*) du *Glæosporium*; *c*, paroi de la cellule.

Fig. 3. Coupe théorique à travers un réceptacle sporifère situé dans la tige du Platane; *e*, couche externe de l'écorce du Platane ; *s*, spores; *p*, filament sporifère ; *t*, faux tissu d'où partent les filaments sporifères.

Fig. 4. Portion de la figure précédente vue à un plus fort grossissement.

Fig. 5. Portion d'un réceptacle sporifère jeune, avant que les spores ne se soient formées au bout des filaments *p; t*, faux tissu.

Fig. 6. Réceptacle sporifère dans la feuille; *c*, cuticule de la feuille qui recouvre les spores; *s*, spores; *p*, filament sporifère ; *t*, faux tissu.

Fig. 7. Sclérote en voie de germination dans une culture.

Big. 8. Spore s_1, en voie de germination.

Fig. 9, 10 et 11. *s*, Spores formées dans une culture cellulaire.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES FEUILLES

DÉVELOPPÉES A L'OMBRE ET AU SOLEIL (1)

Par M. L. GÉNEAU DE LAMARLIÈRE

Beaucoup d'anatomistes se sont occupés de l'étude de la structure comparée des plantes développées au soleil ou à l'ombre. Les mémoires de MM. Stahl, Pick, Haberlandt, L. Dufour, pour ne citer que les principaux, laisseraient bien peu de faits nouveaux à signaler à qui voudrait entreprendre désormais une pareille étude. Le résultat le plus général qui ressort de ces travaux peut très bien se résumer dans cette conclusion énoncée par M. L. Dufour : *Toutes conditions égales d'ailleurs, au soleil, la plante est, dans toutes ses parties, plus vigoureuse qu'à l'ombre et tous ses tissus acquièrent un développement plus considérable* (2).

Cette différence de structure anatomique est-elle le résultat d'une adaptation qui influe sur l'activité physiologique de la feuille? C'est là une question qui exige d'être résolue expérimentalement. S'il y a une influence, de quelle manière se fait-elle sentir? Varie-t-elle dans le même sens pour les diverses fonctions de la feuille : respiration, assimilation et transpiration?

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, sous la direction de M. Gaston Bonnier.

(2) L. Dufour : *Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles.* Ann. des Sc. nat. 7e série. T. V. 1887. On trouve dans ce mémoire la bibliographie de la question.

Afin de résoudre ces différentes questions, il est nécessaire de ramener les feuilles développées au soleil aux mêmes conditions extérieures que les autres. C'est de cette manière seulement que l'on pourra voir si l'adaptation anatomique constatée correspond à une adaptation physiologique et, si cette adaptation physiologique existe, déterminer par là-même sa nature et sa valeur d'une façon précise. C'est ce que je me suis proposé de faire dans ce travail.

Mais avant tout une remarque sur les mots *soleil* et *ombre* employés pour désigner les deux milieux dans lesquels se sont développées les feuilles qu'il s'agit d'étudier dans les mêmes conditions. Au soleil, les plantes reçoivent plus de lumière et de chaleur, et l'atmosphère qui les entoure est moins humide. Au contraire, à l'ombre la chaleur et la lumière sont moins fortes, mais l'humidité de l'atmosphère est plus grande. C'est à des plantes ou à des portions de plantes développées dans ces conditions que je me suis adressé pour les ramener expérimentalement aux mêmes conditions de chaleur, de lumière et d'état hygrométrique. Quant à l'humidité du sol, qui est un facteur très important pour le développement des feuilles, j'ai fait en sorte qu'elle ait toujours été la même dans les deux cas.

J'ajouterai que pour éviter toute différence sensible tenant à la croissance des feuilles comparées, je ne me suis jamais servi dans mes expériences que de feuilles adultes et complètement développées.

Après avoir jeté un coup d'œil sur la structure d'un certain nombre des espèces sur lesquelles j'ai expérimenté, je me propose d'étudier successivement les variations du poids sec, de la respiration, de l'assimilation chlorophyllienne, de la transpiration à l'obscurité et de la transpiration chlorophyllienne pour les feuilles qui se sont développées à l'ombre ou au soleil.

I. — Structure des feuilles développées au soleil ou a l'ombre.

Avant toute expérience, j'ai voulu m'assurer que les matériaux d'étude que j'allais employer avaient réellement une structure

très différente. J'ai choisi pour cela un certain nombre d'espèces herbacées et ligneuses que je pouvais me procurer en abondance dans les deux conditions extrêmes d'éclairement que je voulais étudier. Pour les végétaux ligneux, les feuilles étaient prises sur le même individu, les unes à la périphérie, les autres au milieu de l'arbre. La même méthode n'était pas applicable aux espèces herbacées. J'ai donc pris des feuilles sur des plantes différentes, croissant les unes en plein soleil, les autres à l'ombre d'arbres touffus ou d'abris ménagés à dessein.

Voici exposées comparativement les dimensions des différents tissus développés à l'ombre ou au soleil, dans un certain nombre d'espèces. Ces plantes ne figurent pas parmi celles étudiées à ce point de vue par M. Dufour. Comme on va le voir, j'y ai trouvé des différences marquées confirmant les résultats énumérés par cet auteur :

1° *Mirabilis Jalapa.*

	SOLEIL. — Divisions micrométriques (1).	OMBRE. — Divisions micrométriques.
Épiderme supérieur	7	5
Assise palissadique unique	27	20
Couche dense non palissadique	23	0
Tissu lacuneux	23	16
Épiderme inférieur	7	4
Total	87	45

2° *Berberis vulgaris.*

	SOLEIL. — Divisions micrométriques.	OMBRE. — Divisions micrométriques.
Épiderme supérieur	5	3
Assise palissadique unique	12	12
Couche dense non palissadique	15	0
Tissu lacuneux	25	20
Épiderme inférieur	4	4
Total	61	39

(1) Chaque division micrométrique correspond à 5 millièmes de millimètre.

3° *Weigelia rosea.*

	SOLEIL. — Divisions micrométriques.		OMBRE. — Divisions micrométriques.	
Cuticule	2	6	1	4
Reste de l'épiderme	4		3	
Première assise palissadique	13		10	
Deuxième »	7		0	
Tissu lacuneux	30		20	
Épiderme inférieur	5		4	
Total	61		38	

4° *Salix rosmarinifolia.*

	SOLEIL. — Divisions micrométriques.	OMBRE. — Divisions micrométriques.
Épiderme supérieur	5	3
Quatre assises en palissade dont l'épaisseur totale est	30	12
Tissu lacuneux	0	0
Épiderme inférieur	4	4
Total	39	19

5° Chêne (*Quercus pedunculata*).

	SOLEIL. — Divisions micrométriques.	OMBRE. — Divisions micrométriques.
Épiderme supérieur	3	2
Première assise en palissade	12	7
Deuxième »	5	0
Tissu lacuneux	12	9
Épiderme inférieur	2	2
Total	34	20

6° Hêtre (*Fagus silvatica*).

	SOLEIL. — Divisions micrométriques.	OMBRE. — Divisions micrométriques.
Épiderme supérieur	3	2
Première assise en palissade	10	5
Deuxième »	6	0
Tissu lacuneux	9	6
Épiderme inférieur	2	2
Total	30	15

7° If (*Taxus baccata*).

	SOLEIL. — Divisions micro-métriques.	OMBRE. — Divisions micro-métriques.
Épiderme supérieur	6	5
Tissu en palissade	43	27
Tissu lacuneux au maximum d'épaisseur de la feuille	80	55
Épiderme inférieur	7	5
Total	136	92

La simple inspection des tableaux précédents suffit pour montrer combien la structure des feuilles développées au soleil diffère de celle des feuilles développées à l'ombre. C'est sur des matériaux présentant de telles différences que j'ai fait toutes les expériences dont je vais exposer le détail dans les paragraphes suivants.

II. — Rapport du poids sec au poids frais.

J'ai cherché quelles pouvaient être les différences de poids sec entre les feuilles de même espèce développées à l'ombre ou au soleil. Pour cela j'ai fait un choix de huit plantes, dont quatre sont ligneuses et quatre autres herbacées.

Dans les quatre premières espèces, Hêtre, Charme, Chêne, (*Quercus pedunculata*) et Saule (*Salix rosmarinifolia*), j'ai pris pour chacune six lots de douze feuilles. Trois de ces lots étaient composés de feuilles développées au soleil, les trois autres de feuilles développées à l'ombre, et en général un lot de chaque sorte était pris sur le même arbre de manière que la comparaison pût être aussi rigoureuse que possible. Chacun des lots pesé immédiatement après la récolte (ce qui en faisait connaître le poids frais P_f) était mis ensuite dans une étuve sèche, chauffée à 110° environ, et le poids sec n'était calculé que lorsque les feuilles n'éprouvaient plus de perte de poids en vingt-quatre heures.

Pour les espèces berbacées (*Hieracium Pilosella*, *Teucrium*

Scorodonia, *Fragaria vesca* et *Viola silvatica*), ne pouvant comparer des feuilles prises sur un même individu j'ai été obligé de choisir des feuilles aussi comparables que possible, prises sur des individus différents qui croissaient les uns en plein soleil, les autres sous un couvert épais d'herbes touffues et de grands arbres.

J'ai eu soin d'éliminer le pétiole dans les espèces qui en étaient pourvues.

Voici, résumés en un tableau, les résultats de ces expériences : j'y ai seulement indiqué en centièmes le rapport $\frac{P_s}{P_f}$ du poids sec au poids frais, au soleil et à l'ombre :

		$\frac{P_s}{P_f}$ AU SOLEIL.		$\frac{P_s}{P_f}$ A L'OMBRE.		DURÉE DE LA MISE à l'étuve.
Hêtre	Lot n° 1......	0.48		0.39		Mises à l'étuve pendant neuf jours à 110°.
—	— n° 2......	0.44	0.47	0.35	0.37	
—	— n° 3......	0.49		0.38		
Charme	— n° 4......	0.46		0.35		
—	— n° 5......	0.41	0.44	0.36	0.36	
—	— n° 6......	0.47		0.36		
Chêne............	— n° 7......	0.44		0.39		
—	— n° 8......	0.46	0.45	0.35	0.37	
—	— n° 9......	0.45		0.38		
Saule..............	— n° 10.....	0.39		0.35		
—	— n° 11.....	0.42	0.41	0.35	0.35	
—	— n° 12.....	0.41		0.35		
Hieracium Pilosella..	Lot n° 13.....	0.19		0.18		Mises à l'étuve pendant onze jours, à 110°.
— ..	— n° 14.....	0.20	0.20	0.19	0.19	
— ..	— n° 15.....	0.22		0.20		
Teucrium Scorodonia.	— n° 16.....	0.35		0.29		
—	— n° 17.....	0.36	0.36	0.28	0.29	
—	— n° 18.....	0.36		0.30		
Fragaria vesca......	— n° 19.....	0.33		0.32		
—	— n° 20.....	0.36	0.35	0.33	0.33	
—	— n° 21.....	0.35		0.34		
Viola silvatica......	— n° 22.....	0.25		0.24		
—	— n° 23.....	0.26	0.27	0.22	0.22	
—	— n° 24.....	0.29		0.20		

D'après le tableau précédent il est facile de voir que :

Le rapport du poids sec au poids frais des feuilles qui se sont développées au soleil est plus fort que le même rapport chez les feuilles de même espèce développées à l'ombre.

Ce fait est intéressant à enregistrer, car il permettra de tirer certaines conséquences dans l'étude de l'assimilation chlorophyllienne et de la transpiration.

III. — Poids sec par unité de surface.

Si toutes les feuilles d'un même arbre développées dans des conditions différentes d'éclairement avaient la même surface, les rapports du poids frais au poids sec obtenus permettraient de conclure immédiatement que les feuilles développées au soleil ont sous une même surface donnée, 1 centimètre carré par exemple, une plus grande épaisseur, et un poids sec plus considérable. Mais à égalité d'arrosage, la taille des feuilles est généralement plus grande au soleil qu'à l'ombre ; il est donc intéressant de chercher quelle quantité de matière sèche renferment les tissus pour une surface donnée de la feuille.

Pour cela il suffit de calculer la surface des feuilles avant de les mettre à l'étuve et d'en diviser le poids sec par cette surface. On a ainsi le poids sec par unité de surface. Voici les rapports $\frac{P_s}{S}$ calculés pour un certain nombre d'espèces ; les unités de mesure étant le centimètre carré et le gramme :

	$\frac{P_s}{S}$ AU SOLEIL.		$\frac{P_s}{S}$ A L'OMBRE.		DURÉE DE LA MISE à l'étuve.
Hêtre . . . . Lot nº 1..	0.0051		0.0026		Mises à l'étuve pendant neuf jours à 110°.
— . . . . — nº 2..	0.0067	0.0063	0.0026	0.0025	
— . . . . — nº 3..	0.0073		0.0024		
Chêne . . . . — nº 4..	0.0056		0.0033		
— . . . . — nº 5..	0.0069	0.0066	0.0034	0.0034	
— . . . . — nº 6..	0.0074		0.0036		
Charme . . . . — nº 7..	0.0069		0.0043		
— . . . . — nº 8..	0.0070	0.0072	0.0038	0.0038	
— . . . . — nº 9..	0.0078		0.0035		
Saule . . . . — nº 10.	0.0098		0.0063		
— . . . . — nº 11.	0.0088	0.0087	0.0050	0.0058	
— . . . . — nº 12.	0.0077		0.0060		
Teucrium Scorodonia. Lot nº 13.	0.0060		0.0043		Mises à l'étuve pendant neuf jours à 110°.
— — nº 14.	0.0058	0.0054	0.0031	0.0035	
— — nº 15.	0.0046		0.0031		
Hieracium Pilosella . . — nº 16.	0.0061		0.0050		
— . . — nº 17.	0.0067	0.0066	0.0041	0.0044	
— . . — nº 18.	0.0070		0.0043		
Fragaria vesca . . . . . . — nº 19.	0.0045		0.0035		
— . . . . . . — nº 20.	0.0045	0.0046	»	0.0030	
— . . . . . . — nº 21.	0.0047		0.0025		
Viola silvatica . . . . . . — nº 22.	0.0052		0.0035		
— . . . . . . — nº 23.	0.0050	0.0048	0.0029	0.0032	
— . . . . . . — nº 24.	0.0044		0.0033		

D'après les données contenues dans le tableau précédent, on voit que les *tissus correspondant, d'une part, à une surface donnée de feuille developpée à l'ombre et, d'autre part, à la même surface d'une autre feuille développée au soleil, n'ont pas le même poids sec. Les premiers contiennent beaucoup moins de matière sèche que les seconds.*

IV. — Respiration.

Les feuilles développées au soleil sont beaucoup plus épaisses que celles qui se sont développées à l'ombre.

Comme elles contiennent sous une même surface un plus grand nombre de cellules et une plus grande quantité de protoplasma, l'on peut se demander si, toutes autres conditions égales

d'ailleurs, leur respiration n'est pas plus énergique. C'est ce que je me suis proposé de rechercher dans mes expériences sur la respiration.

Prenant deux feuilles l'une au soleil, l'autre à l'ombre, je les place chacune dans un tube fermé à une extrémité et dont le volume égale environ 22 centimètres cubes. L'avantage incontestable de ces tubes est d'éviter l'emploi de l'appareil à prises de gaz, car ils peuvent se transporter immédiatement sur l'appareil à analyses. Le tube est renversé sur une petite cuvette à mercure, et le liquide occupe environ 6 centimètres cubes du tube, de sorte que l'atmosphère où se trouve la feuille est réduite à 16 centimètres cubes. Le petit appareil a une certaine stabilité et il est possible de disposer ainsi côte à côte une série de feuilles dans les mêmes conditions. Le tout est mis à l'obscurité pendant un certain temps. J'ai eu soin de faire une analyse préalable de l'air qui était l'air du Laboratoire et qui en général présente la composition suivante :

Oxygène	20.60
Azote	79.36
Acide carbonique	0.04
	100.00

Après quelques heures je reprends les éprouvettes et je fais l'analyse du mélange gazeux qu'elles contiennent. La composition du nouveau mélange gazeux comparée avec celle du mélange initial donne le volume d'acide carbonique émis et d'oxygène absorbé par la feuille.

Il reste ensuite à mesurer la surface de celle-ci, pour calculer les échanges gazeux par unité de surface. J'ai fait ces mesures au moyen de la méthode suivante, que l'on emploie assez souvent dans ce but :

La feuille qui a servi à l'expérience est enduite sur une de ses faces d'une petite quantité d'encre d'imprimerie, puis placée dans un double de papier blanc et mise sous une presse ; on obtient ainsi un dessin très exact de la feuille. On pèse le papier dont on connaît alors le poids P, on mesure sa surface S, puis on découpe, avec des ciseaux, le dessin de la feuille

en suivant les contours aussi exactement que possible. On pèse enfin la partie dessinée ainsi isolée, on obtient alors le poids p de cette portion de la feuille de papier.. Étant donné que

$$\frac{P}{S}=\frac{p}{s},$$

et s étant la surface du dessin, il est facile de calculer cette dernière valeur :

$$s=\frac{S}{P}\times p.$$

La valeur de s représente la surface de la feuille mise en expérience. Il faut avoir soin, pour ne pas faire d'erreur grave, de se servir d'un papier homogène qui ait partout le même poids sous la même surface.

Voici les résultats que m'a fournis la respiration comparée pour le Hêtre : les chiffres obtenus représentent le volume de CO^2 émis par centimètre carré en une heure :

1re expérience.....	Soleil = 0cc,0073	Ombre = 0cc,0027
2e —	Soleil = 0 ,0160	Ombre = 0 ,0070
3e —	Soleil = 0 ,0027	Ombre = 0 ,0026

En employant les mêmes procédés pour le Chêne, le Charme et un Saule (*Salix rosmarinifolia*), j'ai trouvé la confirmation de mes expériences sur le Hêtre.

Le tableau suivant donne les chiffres obtenus dans ces dernières expériences :

	AU SOLEIL.	A L'OMBRE.	TEMPÉRATURE.
Chêne.............. N° 1.....	cc 0.0070	cc 0.0020	° 23.5
— .... N° 2.....	0.0080	0.0020	23.5
— .... N° 3.....	0.0080	0.0030	23.5
Charme .... N° 4.....	0.0058	0.0045	24.0
— .... N° 5.....	0.0066	0.0027	24.0
— .... N° 6.....	0.0066	0.0025	24.0
Saule.............. N° 7.....	0.0170	0.0054	27.0
— .... N° 8.....	0.0110	0.0058	27.0
— .... N° 9.....	0.0127	0.0066	27.0

Donc, en général, les *feuilles d'un même arbre développées au soleil, émettent, pendant un même espace de temps, par une*

même unité de surface, toutes conditions égales d'ailleurs, deux à quatre fois plus d'acide carbonique que les feuilles développées à l'ombre.

J'ai répété les mêmes expériences sur quelques plantes herbacées. Toutefois le choix des feuilles est plus difficile et ne donne pas de matériaux aussi comparables que chez les arbres, car l'on est forcé de les prendre sur des pieds distincts et il s'introduit ici des différences individuelles qui peuvent contrarier les résultats jusqu'à un certain point.

Pour plus de clarté je me résumerai dans le tableau suivant :

	AU SOLEIL.	A L'OMBRE.	TEMPÉRATURE
	cc	cc	°
Teucrium Scorodonia. N° 1.....	0.0056	0.0033	23.0
— N° 2.....	0.0043	0.0021	23.0
— N° 3.....	0.0044	0.0032	23.0
Hieracium Pilosella.. N° 4.....	0.0088	0.0052	23.0
— .. N° 5.....	0.0082	0.0057	23.0
— .. N° 6.....	0.0092	0.0063	23.0
Viola silvatica...... N° 7.....	0.0029	0.0018	19-21
— ...... N° 8.....	0.0025	0.0020	19-21
— ...... N° 9.....	0.0037	0.0015	19-21
Fragaria vesca...... N° 10....	0.0050	0.0014	20.0
— ...... N° 11....	0.0035	0.0029	20.0

Pour ce qui est de la quantité d'oxygène absorbé dans la respiration, elle est aussi plus grande pour les feuilles développées au soleil que pour les feuilles développées à l'ombre. Je donnerai seulement les résultats de quelques expériences :

	VOLUME d'oxygène absorbé. — SOLEIL.	VOLUME d'oxygène absorbé. — OMBRE.
	cc	cc
Chêne.............. N° 1.....	0.0080	0.0030
— .... N° 2.....	0.0140	0.0040
— .... N° 3.....	0.0100	0.0050
Charme .... N° 4.....	0.0072	0.0060
— .... N° 5.....	0.0076	0.0032
— .... N° 6.....	0.0088	0.0035
Teucrium........... N° 7.....	0.0073	0.0040
— .... N° 8.....	0.0088	0.0042
— .... N° 9.....	0.0050	0.0036

On peut donc conclure de ces recherches que *les plantes développées au soleil, à égalité de surface, et toutes les autres conditions étant égales d'ailleurs, ont une respiration plus énergique que les feuilles développées à l'ombre.*

V. — Assimilation chlorophyllienne.

Tous les auteurs qui se sont occupés de l'anatomie comparée des feuilles développées au soleil et à l'ombre ont trouvé que les premières contiennent beaucoup plus de chlorophylle que les secondes, et que les assises en palissade sont plus nombreuses et plus épaisses.

Il suffit d'ailleurs de jeter un coup d'œil sur la comparaison anatomique que j'ai faite plus haut pour avoir une idée des différences qui existent entre les deux ordres de feuilles. Tantôt, en effet, comme dans le *Mirabilis Jalapa* et le *Berberis vulgaris*, il n'y a qu'une assise en palissade à l'ombre comme au soleil, mais cette assise est plus épaisse au soleil. De plus dans ces dernières feuilles il y a sous l'assise en palissade une couche dense de cellules rondes qui contient beaucoup de chlorophylle. Cette couche manque aux feuilles développées à l'ombre. Tantôt, comme dans le *Weigelia rosea*, le Chêne, le Hêtre, il y a deux assises en palissade au soleil, et une seule à l'ombre. Dans ce cas encore l'assise supérieure des feuilles développées au soleil est plus épaisse que l'unique assise des feuilles développées à l'ombre. Il peut se produire diverses autres combinaisons qui toutes aboutissent à ce résultat que le tissu à chlorophylle est beaucoup plus abondant dans les plantes qui se sont développées au soleil, que dans celles qui ont crû à l'ombre.

Une telle différence de structure étant donnée, on peut supposer *a priori* que l'intensité de l'assimilation diffère pour des feuilles développées dans ces conditions diverses d'éclairement. C'est le raisonnement qu'ont fait souvent les anatomistes. Cependant il m'a paru utile de confirmer expérimentalement cette conclusion, car il serait imprudent, en Physiologie, de conclure

de la structure à la fonction, surtout quand il s'agit d'assimilation chlorophyllienne. En effet, si l'on voit souvent une concordance entre la structure des feuilles et l'intensité de l'assimilation, ainsi que je l'ai démontré, en particulier pour les Ombellifères (1), on connaît toutefois certaines feuilles, telles que celles des plantes parasites vertes, chez lesquelles la disposition du tissu en palissade ne correspond pas toujours exactement à l'intensité de l'assimilation. Ce dernier fait a été mis en évidence par M. Gaston Bonnier pour certaines Scrofularinées (2).

La méthode que j'ai employée pour l'étude de l'assimilation chlorophyllienne, est la même que celle qui a été décrite pour la respiration : c'est celle de l'air confiné. J'ai employé des tubes fermés par une extrémité et renversés sur une petite cuve à mercure.

La feuille était introduite à l'avance dans le tube. Au moyen d'une petite pompe à mercure, j'introduisais dans les éprouvettes un mélange d'air et d'acide carbonique. Ce dernier gaz était à la proportion optimum pour l'assimilation, c'est-à-dire à 6 p. 100 environ. Les feuilles ainsi disposées étaient exposées à la lumière pendant un certain temps au bout duquel l'analyse du gaz contenu dans l'éprouvette indiquait le volume d'acide carbonique disparu. Il m'a suffi alors de diviser ce volume par la surface de la feuille pour savoir ce qu'avait décomposé un centimètre carré de feuille dans le cours de l'opération.

Mes expériences ont été faites à la lumière diffuse ou en plein soleil. Mais dans ce dernier cas, pour éviter l'élévation considérable de la température de l'atmosphère interne du tube, j'ai dû plonger celui-ci dans un cristallisoir dans lequel l'eau se renouvelait par un courant continu. J'ai obtenu ainsi une température assez constante variant de 19° à 21°.

J'ai aussi expérimenté avec des éprouvettes plates renversées sur le mercure; ces éprouvettes étant plus grandes que les tubes employés précédemment (elles avaient environ 500^{cc} de

(1) L. Géneau de Lamarlière : *Sur l'assimilation spécifique dans les Ombellifères.* Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Séance du 27 juillet 1891.

(2) Gaston Bonnier : *Sur l'assimilation des plantes parasites à chlorophylle.* Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Séance du 28 décembre 1891.

contenance) permettaient de se servir de rameaux munis de plusieurs feuilles, et de faire durer l'expérience plus longtemps. Mais ces éprouvettes nécessitent l'emploi de l'appareil à prises de gaz.

Dans le tableau qui suit j'ai réuni les résultats des diverses expériences que j'ai faites, en ne calculant que la quantité d'acide carbonique décomposé par l'unité de surface de la feuille. Quant aux quantités d'oxygène émis je me suis assuré qu'elles variaient dans le même sens :

		CO^2 DÉCOMPOSÉ.		
		RAMEAUX développés au soleil.	RAMEAUX développés à l'ombre.	
Hêtre	N° 1	cc 0.038	cc 0.024	Lumière diffuse.
—	N° 2	0.052	0.018	Id.
—	N° 3	0.047	0.034	Id.
—	N° 4	0.081	0.068	Id.
Charme	N° 5	0.052	0.018	Id.
—	N° 6	0.041	0.017	Id.
Chêne	N° 7	0.064	0.035	Id.
—	N° 8	0.050	0.037	Id.
—	N° 9	0.159	0.073	Soleil.
Bupleurum falcatum	N° 10	0.111	0.066	Id.
—	N° 11	0.109	0 085	Id.
—	N° 12	0.136	0.076	Id.
Peucedanum parisiense.	N° 13	0.117	0.039	Id.
—	N° 14	0.200	0.069	Id.
—	N° 15	0.093	0.046	Lumière diffuse.
Pimpinella Saxifraga.	N° 16	0.089	0.048	Id.

D'après ces résultats on peut conclure que *les feuilles développées au soleil décomposent, à égalité de surface et dans les mêmes conditions, plus d'acide carbonique que les feuilles développées à l'ombre. L'oxygène qu'elles émettent est aussi en plus grande quantité.*

Dans les expériences précédentes, j'ai donné seulement les résultats de l'assimilation chlorophyllienne, superposée à la respiration. Je n'ai pas cherché à isoler les deux fonctions antagonistes, n'ayant pas l'intention d'étudier le phénomène de l'assimilation en lui-même, mais plutôt de voir ce qu'en fin de compte chaque espèce de feuilles apporte de carbone à la

plante. Toutefois le simple raisonnement suffira à donner une idée de ce que serait la fonction chlorophyllienne isolée. En effet, dans l'étude de la respiration j'ai montré que les feuilles développées au soleil produisent plus d'acide carbonique que celles qui ont poussé à l'ombre. Si donc les premières décomposent d'abord une plus grande quantité d'acide carbonique provenant de la respiration, et ensuite une plus grande quantité d'acide carbonique prise à l'atmosphère, en supposant la respiration supprimée, la différence s'accentuera encore en faveur des feuilles développées au soleil.

J'ai fait tous les calculs précédents, en prenant pour base l'unité de surface de la feuille. La comparaison ainsi faite paraît s'imposer, car les feuilles exposées de la même manière, à la même lumière, reçoivent par unité de surface exactement la même quantité de radiations.

Mais la différenciation des tissus n'étant pas identique au soleil et à l'ombre je vais examiner maintenant à quelles conclusions on arriverait si l'on voulait prendre une autre base de comparaison, par exemple le poids frais. C'est ce que les calculs suivants feront voir :

J'ai montré, en effet, au commencement de cette étude, que le rapport du poids sec P_s au poids frais P_f est toujours plus grand dans les feuilles qui se développent au soleil que dans celles qui croissent à l'ombre. Ainsi pour le Hêtre on a :

(1) Au soleil : $\frac{P_s}{P_f} = 47$ A l'ombre : $\frac{P_{s'}}{P_{f'}} = 37$

J'ai fait voir en second lieu qu'il en est de même pour le rapport du poids sec à la surface foliaire S ; et en particulier pour le Hêtre ces rapports sont :

(2) Au soleil : $\frac{P_s}{S} = 63$ A l'ombre : $\frac{P_{s'}}{S'} = 25$

En divisant membre à membre les rapports précédents on obtient les valeurs suivantes :

(3) $\frac{P_f}{S} = \frac{63}{47}$ et $\frac{P_{f'}}{S'} = \frac{25}{37}$,

c'est-à-dire le rapport du poids frais à la surface foliaire. Nous savons d'autre part que le rapport de l'assimilation chlorophyllienne à la surface est pour le Hêtre :

(4) Au soleil : $\frac{A_c}{S} = 52$ A l'ombre : $\frac{A_{c'}}{S'} = 18$.

En divisant membre à membre les rapports (3) et (4) on obtient, tous calculs faits :

$$\frac{P_f \times A_{c'}}{P_{f'} \times A_c} = 0.68.$$

Comme nous faisons $Pf = Pf' = 1$, il reste :

$$\frac{A_{c'}}{A_c} = 0.68.$$

Donc dans ce cas, à égalité de poids frais, l'assimilation est plus intense pour les feuilles développées au soleil que pour celles qui se sont formées à l'ombre. Cependant on pourrait trouver d'autres valeurs de A_c et de $A_{c'}$ qui renverseraient le sens du rapport.

D'ailleurs le poids frais n'est pas une base de comparaison irréprochable, puisqu'il n'est pas constant pendant toute l'expérience. La feuille, en effet, transpire beaucoup, et comme elle est détachée de l'arbre, il ne lui est pas fourni d'eau pour remplacer celle qu'elle perd.

Le poids sec ne peut non plus servir à la comparaison, car les matières élaborées par chaque feuille ne restent pas dans celle-ci, mais s'en vont servir à la nutrition des autres parties. Il n'y a donc pas proportion exacte entre la matière sèche de la feuille et l'intensité de ses fonctions.

(*A suivre.*)

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par **M. E. AUBERT** (*Suite*).

Crassulacées.

Les Crassulacées renferment des espèces peu charnues, comme les *Sedum carneum*, *acre*, *reflexum*, *album*, *Telephium*, et des espèces à feuillage très épais, comme le *Crassula arborescens* et le *Rochea falcata*.

Pour les premières espèces, le rapport *a* prend des valeurs variant entre 1,15 et 1,50 ; les moyennes de ces valeurs, se rapportant à une même espèce, sont peu différentes avec l'intensité de l'éclairement :

	Soleil.	Ciel couvert.
Sedum carneum . . .	$a = 1,32$	$a = 1,43$
— *album* . . .	1,12	1,24
— *acre*. . . .	1,28	1,28
— *reflexum*. .	1,24	1,27
— *Telephium* .	1,24	1,37

Ces nombres, qui représentent les valeurs moyennes du rapport $\frac{O}{C} = a$, sont très rapprochés les uns des autres et néanmoins légèrement supérieurs à ceux relatifs aux plantes ordinaires, puisque pour ces dernières le nombre le plus grand qui ait été obtenu par MM. Bonnier et Mangin et par moi n'est pas supérieur à 1,24.

Les Crassulacées épaisses (*Rochea falcata* et *Crassula arborescens*) s'éloignent davantage des plantes ordinaires. Le rapport *a*, pour ces plantes, a des valeurs moyennes voisines de 2,80.

Mésembrianthémées.

Les espèces de cette famille que j'ai étudiées sont relativement peu charnues et le rapport a est très voisin de celui des plantes ordinaires : 1,25 environ.

Cactées.

Dans cette famille, quelques rares espèces sont peu charnues : le *Pereskia aculeata* l'est le moins ; le *Phyllocactus grandiflorus* un peu plus ; l'*Opuntia monacantha* est pourvu de grandes raquettes très vertes et plus aplaties que celles des autres *Opuntia* ; les *Mamillaria*, les *Cereus* sont des espèces très charnues. Aussi les valeurs moyennes de a, pour ces diverses plantes, deviennent de plus en plus grandes :

Pereskia aculeata.	$a = 1,13$	(comme les plantes ordinaires.)
Phyllocactus grandiflorus. .	1,97 à 2,26	
Opuntia monacantha. . . .	1,88 à 2,20	
— *tomentosa*.	4,09 à 4,98	
— *cylindrica*	2,50 à 4,19	
— *maxima*	2,37	

Ces nombres ne sont pas extrêmement éloignés de l'unité, parce que je n'ai opéré la plupart du temps qu'avec des raquettes jeunes ou au plus âgées d'un an. Avec des raquettes très épaisses et de plusieurs années, comme celles des *Opuntia maxima* et *robusta*, nul doute que les valeurs du rapport a seraient bien plus grandes que 1.

Les divergences du même rapport a pour une même espèce, *dépendent moins de l'éclairement que de l'âge et de la carnosité de la plante*. Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer que, pour trois raquettes d'*Opuntia monacantha* étudiées le même jour, l'une âgée de quelques jours, la seconde de quelques semaines et la troisième de plusieurs mois, le rapport $\frac{O}{C}$ a été : 1,56 pour la première, 2,14 pour la deuxième, 2,91 pour la troisième.

Espèces charnues diverses.

Les observations précédentes s'appliquent sans restriction aux espèces grasses appartenant à quelque famille que ce soit.

En vue de répondre aux objections qui pourraient être soulevées au sujet des nombres précédents, soit parce que les expériences réalisées sur les diverses plantes ont eu lieu à des époques et à des températures différentes, soit parce que l'intensité de la lumière n'était pas absolument la même (on ne doit comparer que des nombres résultant d'expériences faites dans des conditions identiques), j'ai entrepris deux séries d'expériences simultanées : l'une, le 2 juillet 1891 à la température de 32° et au soleil; l'autre, le 23 juillet 1891 à la température de 24° et par un ciel couvert.

Les valeurs du rapport $\frac{O}{C}$ ont été les suivantes :

Expérience du 2 juillet.
Soleil. — T = 32°.

Crassulacées.	*Sedum Telephium* . .	$a = 1,24$
	Sedum reflexum. . .	1,40
	Sedum carneum . . .	1,55
	Crassula arborescens. .	3,57
Mésembrianthémées.	*Mesembryan. deltoides* . .	1,13
Cactées.	*Pereskia aculeata*. . .	1,23
	Opuntia tomentosa. .	4,68
	Mamillaria Newmanniana. . .	3,51
Nyctaginées. (Plante non grasse).	*Mirabilis Jalapa*. . . .	1,23

Expérience du 23 juillet.
Ciel couvert. — T = 24°.

Crassulacées.	*Sedum Telephium*. . .	$a = 1,34$
Mésembrianth.	*Mesembriant. cristallinum*.	1,07
Cactées.	*Pereskia aculeata* . . .	1,13
	Pyllocactus grandiflorus.	2,26
	Opuntia tomentosa. .	7,59
Euphorbiacées.	*Euphorbia rhipsaloides*	3,16
Liliacées.	*Aloe spinosa* . . .	2,45
Labiées. (Plante non grasse).	*Calamintha Nepeta* . .	1,05

Conclusion. — L'examen des valeurs du rapport $a = \frac{O}{C}$ concernant l'assimilation chlorophyllienne des diverses espèces végétales charnues conduit à la conclusion suivante :

Le rapport $a = \frac{O}{C}$ *des échanges gazeux dus à l'action chlorophyllienne, est supérieur à l'unité pour tous les végétaux. Très voisin de l'unité pour les plantes ordinaires, ce rapport s'en éloigne d'autant plus pour les plantes grasses que celles-ci sont plus charnues, qu'il s'agisse de diverses espèces ou bien d'une même espèce aux diverses phases de son développement.*

Cette conclusion me paraît facile à interpréter :

J'ai montré, lors de l'étude de la respiration des plantes grasses, que ces plantes tout en absorbant de l'oxygène pendant la nuit ne dégagent, surtout lorsqu'elles sont très charnues, qu'une quantité relativement faible d'acide carbonique, puisque le rapport $\frac{CO^2}{O}$ de la respiration devient parfois voisin de zéro.

Ces plantes mettent en réserve l'oxygène absorbé à l'obscurité sous la forme d'acides organiques très oxygénés : l'*acide malique* pour les Crassulacées et les Cactées ; l'*acide oxalique* pour les Mésembryanthémées.

Or ces plantes, une fois exposées à la lumière, décomposent leurs acides organiques sans qu'une absorption d'acide carbonique leur soit immédiatement nécessaire ; outre les acides organiques qu'elles renferment, elles détruisent l'acide carbonique provenant de la respiration de leur parenchyme profond non chlorophyllien.

Ainsi ces plantes puisent d'ordinaire peu d'acide carbonique au dehors et dégagent néanmoins de l'oxygène provenant de leurs acides organiques formés pendant la nuit. Plus elles sont charnues, plus elles renferment de ces acides en réserve, plus elles dégagent d'oxygène à la lumière : on conçoit donc que *de la carnosité doive dépendre la valeur du rapport* $\frac{O}{C}$ *mesurant l'assimilation chlorophyllienne.*

De cette observation en découle une autre relative au lent développement des plantes très charnues. Ces plantes, puisant peu d'acide carbonique à l'extérieur, n'assimilent que peu de carbone et augmentent lentement la proportion de cette substance

dans leurs tissus : aussi ne doit-on pas s'étonner de l'y trouver combinée à l'état de principes en général peu riches en carbone [cellulose (0,40), gommes (0,40), acides organiques (0,25 à 0,40)] qui y constituent, avec les éléments très complexes du protoplasma, la matière vivante où l'hydrogène, l'azote et l'oxygène ont une très large part.

Je reviendrai plus loin d'ailleurs sur ces considérations.

Remarque. — J'ai noté soigneusement l'état du ciel dans toutes les expériences que j'ai réalisées à la lumière ; malgré cette précaution, les indications relatives à l'intensité des radiations qui ont provoqué le phénomène chlorophyllien sont insuffisantes.

Il est encore impossible aujourd'hui d'évaluer la somme des radiations reçues par une plante pendant la durée d'une expérience ; alors même que cette évaluation serait à peu près possible pour les plantes peu charnues, on rencontrerait de sérieuses difficultés pour les végétaux à parenchyme épais. En effet, tandis que les feuilles ordinaires sont suffisamment transparentes pour que les radiations les pénètrent et s'y répartissent à peu près également, les deux faces d'une raquette en expérience sont très inégalement éclairées. Deux séries d'inscriptions des intensités lumineuses seraient nécessaires.

De plus, une feuille ordinaire emmagasine et utilise, sous forme de radiations calorifiques probablement, les radiations qui lui parviennent, de quelque ordre qu'elles soient et quelque rôle qu'elles jouent. Cette feuille, en raison de sa large surface de contact avec l'air ambiant, est à peu près en continuel équilibre de température avec lui. Il n'en est pas de même d'une raquette grasse. Sa température est toujours, pendant le jour, supérieure à celle de l'air extérieur, ainsi qu'il résulte de mes observations. Dès lors, il devient difficile, avec les méthodes scientifiques actuelles, d'apprécier exactement la somme de radiations utilisées par la plante pour un travail chimique interne dont les termes extrêmes seuls sont donnés par les rapports $\frac{CO^2}{O}$ (respiration) et $\frac{O}{C} = a$ (assimilation) des échanges gazeux.

Il faut espérer que ce problème complexe pourra être prochainement réalisé pour les plantes ordinaires et conduira à des observations plus rigoureuses pour toutes les catégories de végétaux.

Quoi qu'il en soit de l'imperfection de mes procédés d'observation, il se dégage néanmoins, de mes recherches sur l'assimilation des plantes grasses, des indications générales importantes à signaler, tant au point de vue spécial à ces végétaux que dans leurs rapports avec les phénomènes établis par MM. Bonnier et Mangin pour les plantes ordinaires.

(*A suivre.*)

REVUE DES TRAVAUX

SUR LA CLASSIFICATION

ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE

PUBLIÉS EN 1888 ET 1889 (*Suite.*)

9° *Alpes.*

Dans un intéressant travail de géographie botanique M. GASTON BONNIER (1) coordonne les nombreuses observations qu'il a eu l'occasion de faire pendant trois saisons consacrées à l'exploration minutieuse du massif du Mont Blanc et plus particulièrement de la vallée de Chamonix.

Après quelques considérations sur l'orientation, l'altitude et la nature presque exclusivement cristalline du sol de la vallée de Chamonix, M. Bonnier attire l'attention du lecteur sur deux caractères essentiels de la végétation de cette vallée : la rareté des plantes spécialement alpines et l'abondance relative des plantes des plaines. Les plantes alpines sont rares, même comme nombre d'individus, non seulement dans la partie inférieure de la vallée où elles manquent presque totalement, mais aussi dans la région subalpine et même dans la région alpine ; partout, et plus spécialement dans la région subalpine, il y a lutte entre les espèces des plaines et les espèces spéciales. C'est ainsi, par exemple, que le *Trollius europæus* est relativement rare, tandis que le *Caltha palustris* est très abondant, que le *Phænopus muralis* est beaucoup plus répandu que le *Mulgedium alpinum* et que les *Aira flexuosa*, *Briza media* et *Anthoxanthum odoratum* prennent partout la place qu'occupent les Graminées subalpines dans d'autres régions. A l'appui de ces considérations M. Bonnier cite une liste de 80 espèces de plaines que l'on trouve répandues par individus nombreux sur le massif du Mont Blanc et qui s'élèvent jusqu'au-dessus de la limite supérieure des forêts de sapins.

M. Bonnier passe ensuite à l'étude des diverses zones végétales que l'on peut reconnaître dans la vallée de Chamonix. Ces zones sont au nombre de cinq. La première, la *zone inférieure des montagnes*, n'est représentée que sur quelques points. Les espèces les plus caractéristiques sont :

Corylus Avellana,
Rhamnus Frangula,
Berberis vulgaris,
Cratægus Oxycantha,
Agrimonia Eupatoria,
Astragalus Glycyphyllos,
Carlina vulgaris.

(1) Gaston Bonnier : *Étude sur la végétation de la vallée de Chamonix et de la chaine du Mont Blanc*. (Rev. gén. de Botanique, 1889.)

La seconde zone ou *zone subalpine* est beaucoup plus difficile à caractériser que dans la plupart des autres régions des Alpes, à cause du petit nombre d'espèces exclusivement spéciales à cette zone. M. Bonnier ne cite que 25 plantes vasculaires véritablement subalpines ne s'étendant pas, soit dans la région inférieure, soit dans la région alpine. Ce sont :

Geranium silvaticum,
Epilobium spicatum,
Spiræa Aruncus,
Pirola secunda,
Chærophyllum hirsutum,
Lonicera cærulea,
Knautia silvatica,
Achillea macrophylla,
Mulgedium alpinum,
Prenanthes purpurea,
Hieracium prenanthoides,
Phyteuma betonicæfolium,
Campanula rhomboidalis,
Myosotis silvatica,
Melampyrum silvaticum,
Rumex arifolius,
Alnus viridis,
Picea excelsa,
Larix europæa,
Luzula nivea,
Aspidium Lonchitis,
Asplenium viride,
Equisetum silvaticum,
Lycopodium annotinum,
Selaginella helvetica.

Les forêts de cette zone sont presque exclusivement constituées par l'Épicea et le Mélèze ; elles contiennent aussi des Bouleaux, des Aunes (*Alnus viridis*) et des Genévriers.

Dans la troisième zone, la *zone alpine inférieure*, les plantes vasculaires caractéristiques sont les suivantes :

Anemone alpina,
Ranunculus Villarsii,
Cardamine resedifolia,
Viola calcarata,
Trifolium alpinum,
Dryas octopetala,
Geum montanum,
Sibbaldia procumbens,
Potentilla grandiflora,
Epilobium alpinum,
Saxifraga oppositifolia,
Gaya simplex,
Erigeron alpinus,
Leucanthemum alpinum,
Gnaphalium supinum,
Hieracium alpinum,
Vaccinium uliginosum,
Loiseleuria procumbens,
Myosotis alpestris,
Veronica alpina,
Pedicularis verticillata,
Plantago alpina,
Empetrum nigrum
Pinus Cembra,
Juncus trifidus,
Luzula lutea,
Eriophorum vaginatum,
Carex sempervirens,
Agrostis rupestris,
Cystopteris alpina.

La zone suivante, ou *zone alpine supérieure*, est aussi plus mal délimitée inférieurement dans cette partie des Alpes que dans presque toutes les autres régions de la chaîne. On peut citer comme plantes vasculaires caractéristiques les espèces suivantes :

Ranunculus glacialis,
Draba frigida,
Cardamine bellidifolia,
Potentilla frigida,
Saxifraga groenlandica,
Erigeron uniflorus.

Senecio incanus,
Achillea moschata,
Androsace helvetica,
Festuca Halleri,
Poa laxa,
Poa cæsia.

A côté de ces diverses zones, M. Bonnier en admet une autre qu'il désigne sous le nom de *zone morainique*. Cette distinction était nécessaire, car les moraines des glaciers et les dépôts glaciaires récents que l'on rencontre jusqu'au fond même de la vallée possèdent une association spéciale d'espèces qui s'y trouvent presque exclusivement localisées. Parmi les plantes vasculaires spéciales à cette zone il faut citer surtout les :

Trifolium pallescens,
Epilobium Fleischeri,
Hieracium staticæfolium,
Rumex scutatus.

Ces espèces sont accompagnées d'un certain nombre d'autres des zones subalpine et alpine ainsi que des espèces de plaines, mais la fréquence relative de ces plantes y est tout autre. Ajoutons que M. Bonnier distingue une flore morainique inférieure et une autre supérieure. Les limites de ces deux flores, ainsi que celles des zones précédentes, sont nettement indiquées sur la carte de la vallée de Chamonix qui accompagne le travail que nous analysons.

M. Bonnier termine son étude par l'examen des diverses causes auxquelles on pourrait attribuer la pauvreté relative de la flore de la vallée de Chamonix par rapport à celles des régions voisines dans les Alpes. Sa conclusion, appuyée sur un grand nombre de faits nouveaux dont quelques-uns réfutent les opinions trop absolues admises par certains auteurs, est la suivante : « Ce n'est ni à la nature du sol, ni à l'influence du climat actuel, que l'on peut attribuer la pauvreté de la flore qui nous occupe, c'est une cause antérieure qu'il faut invoquer, très probablement la longue persistance des glaces dans ces vallées encaissées. Il faut y ajouter la disposition orographique du massif peu accessible à l'envahissement par la végétation. Tandis que le massif du Mont Rose ou les montagnes cristallines du Dauphiné présentent des vallées ouvertes dans toutes les directions et reliées aux flores les plus diverses, la vallée de Courmayeur, et plus encore la vallée de l'Arve, sont certainement d'un accès très difficile pour la propagation des plantes. Ce n'est qu'avec une extrême lenteur que le tapis végétal a dû se former sur tout le massif du Mont Blanc, et il n'a pu se trouver composé que par un nombre restreint d'espèces. »

Sur la carte de la vallée de Chamonix dont nous venons de parler, M. Bonnier a indiqué les deux stations de culture établies par ses soins sur la chaîne du Mont Blanc. L'une de ces stations, la plus inférieure, est à 1,050 mètres d'altitude, peu loin du village de Chamonix ; l'autre, supérieure, est située près de l'Aiguille de la Tour, au-dessus de la Pierre-Pointue, à 2,300 mètres d'altitude. Les résultats comparatifs des cultures faites dans ces deux stations ont été communiqués par M. Bonnier (1) à la Société bo-

(1) Gaston Bonnier : *Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation et les fonctions des plantes.* (Bull. Soc. bot. de France. 1888, p. 436.)

tanique de France. Indépendamment de leur intérêt anatomique et physiologique, ces résultats sont très importants au point de vue de la géographie botanique ; ils montrent, en effet, que des plantes de plaines cultivées à de hautes altitudes changent de caractères morphologiques, puisque leurs tiges deviennent rampantes, leurs feuilles moins amples et plus épaisses et leurs fleurs plus colorées. Or, ces seules différences ont souvent paru suffisantes aux botanistes pour créer avec ces variétés alpines des espèces spéciales. M. Bonnier montre clairement par ces cultures combien le nombre des espèces admises aujourd'hui serait vite notablement diminué si l'on tenait bien compte des diverses conditions d'existence et si l'on recherchait avec soin tous les intermédiaires.

La flore de la Haute-Maurienne est encore assez peu connue ; une note de M. SAINT-LAGER (1) y apporte quelques contributions nouvelles. L'auteur, après un aperçu topographique de la Haute-Maurienne, montre la corrélation qui existe entre le tapis végétal et la nature des roches. La flore des schistes lustrés formés de mica noir et de carbonate de chaux est mixte, c'est-à-dire se compose d'indifférentes ou de calcicoles préférentes ; celle des calcaires compacts est franchement calcicole ; enfin celle des éboulis granitiques est manifestement silicicole. A la suite, M. Saint-Lager fait l'historique des travaux botaniques déjà publiés sur cette région, puis il énumère les plantes les plus intéressantes récoltées depuis peu dans la Haute-Maurienne. Les plus importantes à signaler sont : *Carex ustulata*, *Kœleria brevifolia*, *Festuca pilosa*, *Alsine lanceolata*, nouvelles pour la flore de Savoie. L'auteur continue par un aperçu de la végétation de la partie supérieure de la vallée de l'Arc et termine par des observations originales sur quelques points de nomenclature.

10° *Pyrénées et Corbières.*

Il y a peu de matériaux pour la flore des Pyrénées proprement dites. M. ZEILLER (2) a signalé aux environs de Bagnères-de-Luchon, près du lac d'Oo, et au fond de la vallée du Lys, au voisinage de la cascade d'Enfer, la variété *Braunii* de l'*Aspidium aculeatum* (*A. Braunii* Spenner). Cette variété n'avait pas encore été constatée en France. M. Zeiller a retrouvé dans la même région toutes les formes de passage entre cette variété et le type normal.

M. BOURDETTE (3) a publié les résultats de ses herborisations dans l'Ariège aux environs de Pamiers, Foix, Tarascon et Ax ; on y trouve signalées vingt-cinq espèces non citées dans les ouvrages sur la région. L'auteur termine par quelques observations intéressantes sur la dispersion dans les Pyrénées de quelques espèces ligneuses : *Acer monspessulanum*, *Lonicera Xylosteum*, *Osyris alba*, *Pistacia Terebinthus* et *Quercus Ilex*.

(1) Dr Saint-Lager : *Note sur quelques plantes de la Haute-Maurienne*. Lyon, 1889.

(2) R. Zeiller : *Sur la présence dans les Pyrénées de l'Aspidium aculeatum, var. Braunii*. (Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 440.)

(3) M. Bourdette : *Additions à la flore du département de l'Ariège*. Toulouse, 188?

A propos de ce même département de l'Ariège, nous devons rappeler la brochure déjà citée de M. Giraudias (1); on y trouve relevées un certain nombre de localités nouvelles pour les environs de Foix.

Dans une lettre à la Société botanique de France, le même auteur et M. Galissier (2) annoncent la découverte d'un *Diplotaxis* nouveau pour la flore française récolté sur les rochers de Lujat, près de Cazenave. M. Giraudias croit pouvoir le rapporter, sauf comparaison ultérieure avec des spécimens authentiques, au *D. Blancoana* Boiss. et Reut.

M. Rouy (3) signale la découverte du *Silaus virescens*, par M. Olivier, dans les Pyrénées orientales, à l'Orry de la vallée d'Eynes, dans une région presque alpine. Cette espèce créée par Boissier avait déjà été indiquée par lui dans les Pyrénées orientales françaises.

Grâce à la session extraordinaire de la Société botanique de France, tenue à Narbonne et à Quillan en juin 1888, plusieurs localités importantes de la région montagneuse des Corbières ont pu être explorées avec soin.

La première excursion, la plus intéressante sans aucun doute, est celle qui a été faite au Mont Alaric, le dernier et l'un des principaux chaînons des Basses-Corbières. Cette montagne de 635 mètres de haut, isolée par la vallée de l'Aude d'un côté et de l'autre par des plaines dont l'altitude dépasse à peine 60 mètres, n'est défendue par aucun abri contre les vents furieux et glacés de la Montagne Noire et des Cévennes, ni contre ceux qui peuvent souffler des Hautes-Corbières. Sa végétation se ressent naturellement d'une telle situation. Pour que l'on puisse s'en rendre compte, il nous suffira de résumer rapidement le rapport de M. Gautier (4).

Le Mont Alaric s'élève brusquement d'un côté en muraille escarpée, mais de l'autre, suivant une ligne parallèle au lit de l'Aude, il s'abaisse par gradins successifs ; c'est naturellement de ce côté que s'étaient dirigés les membres de la Société botanique pour l'aborder. Jusqu'à 350 mètres environ la végétation est franchement méridionale et représentée par les espèces caractéristiques des garrigues, mais entre 350 et 450 mètres la physionomie change et la flore montagnarde apparaît déjà avec les *Helianthemum canum*, *Thymus Serpyllum*, *Primula officinalis* et *Odontites rubra*.

De 450 à 550 mètres, le plateau rocheux planté de Pins d'Alep et de Chênes pubescents qui se continue insensiblement jusqu'au sommet, présente une végétation franchement montagnarde mélangée toutefois de quelques espèces appartenant à la partie chaude de la plaine. Trois de ces espèces s'avancent même presque jusqu'au sommet; ce sont : *Uropetalum serotinum*, *Jasminium fruticans* et *Lithospermum fruticosum*. Comme espèces rares, on rencontre à cette altitude :

(1) Giraudias : *Notes critiques sur la flore ariégeoise.* (Bull. Soc. d'Études scient. d'Angers, 1888.)

(2) Galissier et Giraudias : Bull. Soc. bot. de France, 1889, p. 311.

(3) G. Rouy : *Le Silaus virescens Boiss. dans les Pyrénées orientales.* (Ibid., 1889, p. 65.)

(4) G. Gautier : *Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 12 juin, au Mont Alaric.* (Ibid., 1888, Session extraordinaire, p. LXXXVI.)

Tragopogon stenophyllus,
Thalictrum tuberosum,
Ranunculus gramineus var. *asphodeloides*,
Scorzonera bupleurifolia,
Allium Moly (quelques touffes disséminées),
Scorzonera hirsuta.

et un hybride nouveau, le *Teucrium aureo × montanum*.

De 550 mètres jusqu'au sommet la végétation prend un caractère presque alpin; en effet, on y rencontre:

Fritillaria pyrenaica,
Carex brevicaulis,
Leucanthemum graminifolium,
Festuca spadicea,
Serratula nudicaulis,
Serratula heterophylla,
Genista Villarsii,
Senecio Gerardi,
Euphorbia sexatilis,
Dianthus subacaulis,
Anthyllis montana,
Nardus stricta,
Globularia nana,
Plantago argentea,
Erinus alpinus,
Hypericum hyssopifolium.

et d'autres espèces encore qui appartiennent bien mieux à la flore des Alpes qu'à celle d'une montagne d'aussi faible altitude que l'Alaric.

Le retour s'est fait par la gorge des Beaux, la localité classique de l'*Allium Moly* où cette espèce abonde.

M. Gautier cite dans son rapport toutes les espèces intéressantes rencontrées pendant cette herborisation qui avait duré douze heures environ. Il termine ainsi :

« Le Mont Alaric, grâce à la Société botanique de France, venait de sortir à jamais de l'injuste obscurité qui s'était étendue sur lui depuis près d'un siècle, c'est-à-dire depuis que Pourret, le célèbre botaniste narbonnais, l'avait foulé de son pied. » On sait, en effet, que c'est grâce à la découverte, il y a quelques années, de l'*Allium Moly* et du *Serratula heterophylla* dans l'herbier Pourret acquis par le Muséum, que l'attention des botanistes a été attirée sur les richesses végétales du Mont Alaric.

Plusieurs autres journées ont été consacrées à l'exploration des Hautes-Corbières. Il nous est impossible de donner ici l'analyse détaillée de ces belles et fructueuses herborisations aux gorges de la Pierre-Lisse près de Quillan, à la forêt domaniale des Fanges, à celle du Pla-d'Estable, à Saint-Antoine de Galamus, etc., il nous faudrait pour cela citer presque en entier les rapports de MM. Gautier (1) et Copineau (2); nous ne pouvons que re-

(1) G. Gautier : *Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 15 juin, aux gorges de la Pierre-Lisse. — Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 16 juin, à la forêt des Fanges. — Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 18 juin, à la forêt et au Pla-d'Estable. — Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 19 juin, au Pont-de-la-Fous.* — (Bull. Soc. bot. de France, 1888, Session extraordinaire, p. CVII à CXXIV.)

(2) Copineau : *Rapport sur les excursions faites par la Société les 20, 21 et 22 juin 1888. — 20 juin, Saint-Antoine de Galamus ; 21 juin, Les Étroits d'Alet ; 22 juin, Vallée de Véraza.* (Ibid., p. CXXV à CXXXVI.)

commander aux botanistes géographes la lecture de ces intéressants comptes rendus.

11° *Sud-Ouest.*

La région du Sud-Ouest, si nettement délimitée à l'ouest, au sud et à l'est par l'Océan, les Pyrenées, la région méditerranéenne et le plateau central, n'a jamais eu ses limites septentrionales déterminées d'une manière précise. M. Guillaud (1), en essayant « de bien établir les caractères généraux de ce qu'on peut appeler la géographie botanique du Sud-Ouest », nous fournit de nouveaux documents à ce sujet.

M. Guillaud distingue dans le Sud-Ouest quatre zones distinctes : « La première, qu'on peut appeler *zone de l'Olivier*, est caractérisée par la présence d'un grand nombre de plantes herbacées de la région méditerranéenne, de l'Espagne et du Portugal, et par la présence même de l'Olivier qui peut y vivre indéfiniment et mûrir ses fruits. Elle comprend une petite portion du littoral, depuis Hendaye jusqu'aux Sables-d'Olonne, avec quelques angles rentrants à l'intérieur des terres, à l'embouchure des fleuves de la Bidassoa, de la Nivelle, de la Leyre, de la Gironde et de la Charente, ainsi que les îles de Ré et d'Oléron ; Béhobie, Hendaye, où l'*Agave americana* et *Eucalyptus globulus* viennent fort bien ; Saint-Jean-de-Luz, où pousse l'Olivier; Bayonne, où l'*Acacia dealbata*, le Citronnier et une foule d'arbres méridionaux viennent en pleine terre, sur le coteau de Saint-Étienne; les environs d'Arcachon, où l'*Arbutus Unedo* est si beau et où l'*Erica arborea*, var. *lusitanica*, et le *Lychnis corsica* sont si bien établis ; Royan et Soulac, où les Chênes-Verts forment des bois si puissants et si vigoureux; Bourg-sur-Gironde et Saint-André-de-Cubzac, où l'Olivier pousse également; Coutras, où le Chêne-Liège est encore exploité ; Fouras, où le *Smilax aspera* se retrouve, etc., sont les points principaux qui peuvent appartenir à cette zone. Il s'agit plutôt, il est vrai, d'une zone indiquée par des éléments restreints. Mais étant donné que nous sommes en voisinage avec le domaine de l'Olivier, lequel par la vallée de l'Èbre arrive jusque vers Pampelune et par le littoral portugais s'avance presque jusqu'au cap Finistère, il nous est permis d'admettre qu'il puisse s'étendre à certains points de notre littoral, du moment que nous y rencontrons, groupées ou isolées, des plantes manifestement méditerranéennes et que nous ne les trouvons que là ». Du reste, ajoute l'auteur, il y a des raisons climatériques qui rendent compte de l'existence de cette zone. En effet, la bande isothermique de 20 à 25°, pendant le mois de juillet, dépasse vers le nord La Rochelle et la bande isothermique de 4 à 6° au-dessus de zéro, en janvier, longe justement le littoral. C'est donc grâce à ces deux circonstances réunies, chaleur estivale assez forte et froid hibernal léger, que les végétaux de la zone de l'Olivier remontent jusqu'aux îles de Ré et d'Oléron.

« La seconde zone est celle du *Pin maritime*. Elle est caractérisée, en outre de cet arbre, par le Chêne-Tauzin, le Chêne-Vert, le Chêne-Liège, les

(1) Dr J.-A. Guillaud : *Les zones botaniques du Sud-Ouest de la France.* (Extrait du Journal d'Histoire naturelle de Bordeaux et du Sud-Ouest, Bordeaux, 1888.)

Phillyrea et autres arbustes méridionaux, à feuilles persistantes ou non (*Rosa sempervirens*, *Coriaria myrtifolia*, *Jasminium fruticans*, etc.). Le Châtaigner y vient, mais de culture. Enfin le Hêtre y manque totalement. » Cette zone est délimitée par une ligne demi-circulaire qui part de Fouras, à l'embouchure de la Charente, passe par Rochefort, Cognac, Barbézieux, Chalais, Riberac, Cahors, Montauban, Mirande, Vic-en-Bigorre, Orthez, et arrive à Bayonne à l'embouchure de l'Adour. La véritable zone d'extension des arbres de cette zone est depuis la mer jusqu'à 2 ou 300 mètres; on les retrouve cependant introduits par la culture jusqu'à 4 ou 500 mètres d'altitude au sud, et 3 à 400 mètres au nord.

La troisième zone, parallèle et concentrique à la précédente, est celle du *Châtaigner*. Cet arbre est excessivement abondant aux abords des Pyrénées jusque vers 700 ou 750 mètres d'altitude, et du massif central jusque 700 mètres et plus au sud et 500 mètres au nord; il abonde également entre Confolens et la Vendée. Dans la partie inférieure de la zone il est moins abondant, soit qu'il ne retrouve pas son exposition préférée sur les flancs des coteaux montueux, soit surtout que les terrains calcaires le forcent à abandonner la place. Le Châtaignier est rare et isolé au-dessous de 200 mètres d'altitude; il ne disparaît pas complètement cependant, puisqu'il croît et peut être cultivé jusqu'au bord de l'Océan. A sa limite supérieure au contraire, il cesse partout brusquement, et à ce point de vue il est dans le Sud-Ouest « ce que l'Olivier est pour les botanistes méridionaux : une norme tout à fait précise ».

La quatrième zone distinguée par M. Guillaud est celle du *Hêtre;* elle est parallèle et concentrique aux précédentes. « Une ligne demi-circulaire, partant des Sables-d'Olonne, sur l'Océan, et passant par Fontenay-le-Comte, Saint-Maixent, Melle, Civray, Confolens, Nontron, Thiviers, Brives, Vayrac, Figeac, Villefranche-de-Rouergue, Albi, Castres, Revel, franchissant la trouée de Naurouse, et reprenant à Mirepoix pour suivre à quelque distance le pied des Pyrénées par Foix, Saint-Girons, Saint-Gaudens, Montréjeau, Lannemezan, Tarbes, Pau, Navarrens, Saint-Palais, Hasparrens, Cambo, et rejoignant la mer à Saint-Jean-de-Luz, fixe la limite naturelle de l'extension du Hêtre vers les plaines. Au-dessous de cette limite il est très rare, par bouquets isolés, sur les coteaux les plus élevés qui séparent les différents bassins des rivières et qui rayonnent comme ses rivières elles-mêmes vers Toulouse, Agen, Bordeaux ou Dax. » Le Dr Guillaud ne donne que les limites inférieures de cette quatrième zone. Il est évident que la zone du Hêtre vers des limites un peu plus élevées n'appartient plus à la région du Sud-Ouest, mais on ne voit pas clairement indiqué dans le travail en question si les limites inférieures de la végétation du Hêtre doivent être considérées comme constituant aussi bien au nord qu'à l'est et au sud, les limites de la flore du Sud-Ouest. Voici d'ailleurs comment s'exprime l'auteur à ce sujet : « Soit dans les Pyrénées, soit dans le massif central, cette zone (du Hêtre) constitue la limite naturelle et géographique de la flore du Sud-Ouest. Par les fleuves et rivières qui descendent vers les plaines, elle peut bien lui envoyer quelques plantes herbacées ou sous-ligneuses, mais elle n'en reçoit aucune. Elle jouit elle-même d'une flore à part, celle de l'Europe moyenne, qui n'a

de commun avec la nôtre que les plantes ubiquistes. Nous n'avons donc pas à l'apprécier davantage ici, puisque nous nous occupons uniquement de la végétation du Sud-Ouest. » Quoi qu'il en soit, on peut conclure de tout ceci, que les limites nord-ouest de la région du Sud-Ouest n'atteignent pas la Loire et ne doivent pas être reportées jusqu'au-delà de la Vilaine ainsi qu'on le trouve indiqué dans les cartes de de Candolle, Drude, etc.

Nous avons déjà parlé du second fascicule de la Flore du Sud-Ouest de J. Revel (1) ; nous devons encore le rappeler ici à cause des nombreuses localités citées.

Remettons également en mémoire la brochure de MM. Timbal-Lagrave et Marçais (2). On y trouve indiquées comme espèces nouvelles pour la Haute-Garonne : *Berteroa incana*, *Silene dichotoma*, *Bifora radians*, plantes d'introduction facile, et *Potentilla recta* L., espèce manifestement spontanée trouvée pour la première fois dans le Sud-Ouest.

En même temps nous signalerons deux travaux qui intéressent la flore de la Charente : l'un, de M. Duffort (3), n'est que le compte rendu de plusieurs herborisations dans les marais situés aux environs de Chasseneuil ; cinq espèces nouvelles pour le département ont été recueillies. L'autre est un manuscrit déposé par M. Crévelier (4) à la Société botanique de France ; on y trouve la liste des plantes spontanées de l'arrondissement de Confolens.

Nous terminerons cette revue des travaux sur le Sud-Ouest par l'analyse d'une étude de M. Coste (5) sur la flore du bassin du Dourdou, l'un des affluents du Tarn. Cette rivière, de 90 kilomètres de cours, prend sa source dans les Cévennes, sur le flanc septentrional de l'Espinousse, par 1,100 mètres d'altitude environ, et passe d'abord au fond des gorges étroites et profondes des Cévennes. Bien que M. Coste se borne à mentionner seulement le résultat de ses recherches dans la partie aveyronnaise du bassin, une partie de son travail, celle concernant la végétation du plateau central, aurait dû être relatée plus haut, mais nous avons cru préférable de ne pas sectionner ce résumé.

M. Coste distingue trois régions dans le bassin aveyronnais du Dourdou : les Cévennes aveyronnaises, le Camarès et le Causse.

Les Cévennes aveyronnaises, dont plusieurs points culminants ont de 1,000 à 1,100 mètres d'altitude, sont les limites naturelles de l'Aveyron et de l'Hérault ; elles servent de ligne de partage aux eaux qui s'écoulent vers la Méditerranée et l'Océan. On y distingue deux zones : la supérieure ou schisteuse, caractérisée par une série de crêtes ou d'aiguilles dénudées, et

(1) J. Revel : *Essai de la Flore du Sud-Ouest de la France ou recherches botaniques faites dans cette région*. Partie II. Villefranche, 1889.

(2) Ed. Timbal-Lagrave et Ed. Marçais : *Plantes critiques rares ou nouvelles*, 1888.

(3) Duffort : *Excursions botaniques du 29, 30 et 31 juillet* 1887, *dans la Charente*. (Ann. Soc. Sciences nat. de la Charente-Inférieure, La Rochelle, 1888.)

(4) J. J. Crévelier : *Liste des plantes qui croissent spontanément dans l'arrondissement de Confolens (Charente)*. (Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 323.)

(5) H. Coste : *Mes herborisations dans le bassin du Dourdou*. (Ibid., session extraordinaire, 1888, p. XI.)

riche en espèces subalpines ; l'inférieure ou calcaire, avec de larges vallées à végétation luxuriante et bon nombre d'espèces méridionales.

Le Camarès s'étend de la petite ville de ce nom à la vallée du Tarn. Il est principalement caractérisé par des collines plus ou moins arides et abruptes d'une altitude moyenne de 600 mètres ou par de riches et riantes vallées situées entre 400 et 250 mètres. « Grâce à cette altitude relativement peu considérable, à la dépression du terrain que dominent de tous côtés des montagnes élevées, au manque presque absolu de sources et à sa position topographique, cette région jouit généralement d'un climat tempéré qui rivalise de douceur avec le climat méditerranéen et forme un contraste frappant avec la rude et glaciale température des hautes Cévennes. La végétation subit naturellement l'influence du climat. Aussi n'est-ce pas dans le Camarès qu'il faut rechercher les espèces amies des montagnes et des lieux humides : elles lui font presque toutes complètement défaut. Au contraire, la flore méridionale et même méditerranéenne y compte de nombreux représentants, qu'on chercherait vainement ailleurs dans le département de l'Aveyron. »

Enfin le Causse, qui n'est qu'un prolongement des plateaux calcaires des Cévennes, ne forme dans le bassin du Dourdou qu'une bande très étroite. Son altitude moyenne est de 700 mètres. Sa flore est peu différente de celle des autres plateaux calcaires de l'Aveyron.

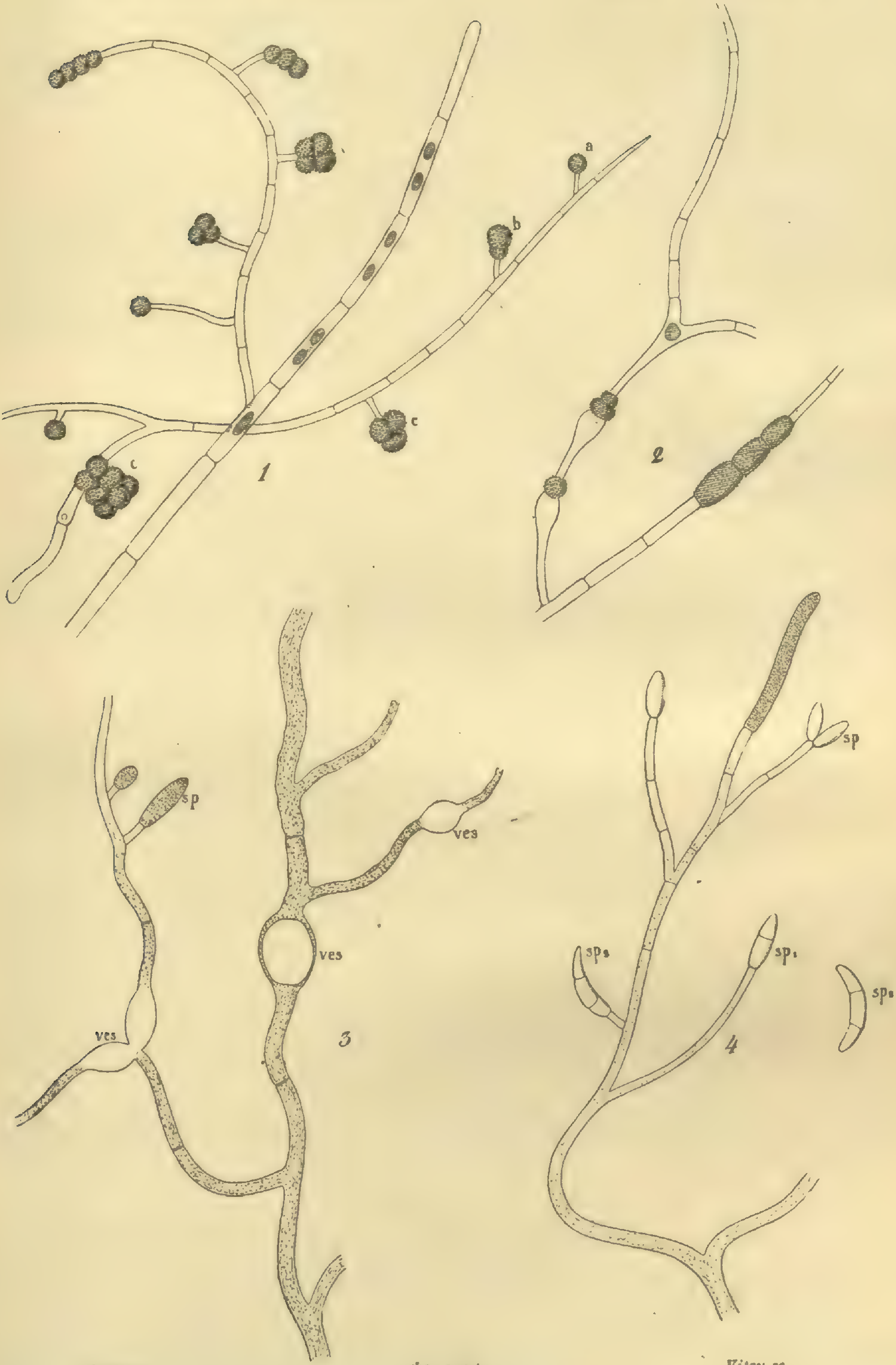
Grâce à cette remarquable diversité de terrains, d'expositions, d'altitudes, le bassin du Dourdou possède une flore des plus riches et des plus variées ; M. Coste y a observé, en deux années, plus de 1,300 espèces vasculaires.

L'auteur fait suivre ces considérations d'une longue liste où sont mentionnées ses découvertes les plus intéressantes ; toutes les espèces calcicoles sont indiquées par un astérisque. Parmi les espèces citées, douze n'avaient jamais été signalées dans l'Aveyron ; ce sont :

Cistus Pouzolzii,
Helianthemum umbellatum,
Viola sepincola,
Dianthus brachyanthus var. *subacaulis*.
Alsine verna var. *Thevenei*,
Melilotus neapolitana,
Vicia purpurascens,
Lathyrus setifolius,
Potentilla micrantha,
Pirus amygdaliformis,
Orchis Simia,
Scirpus Savii.

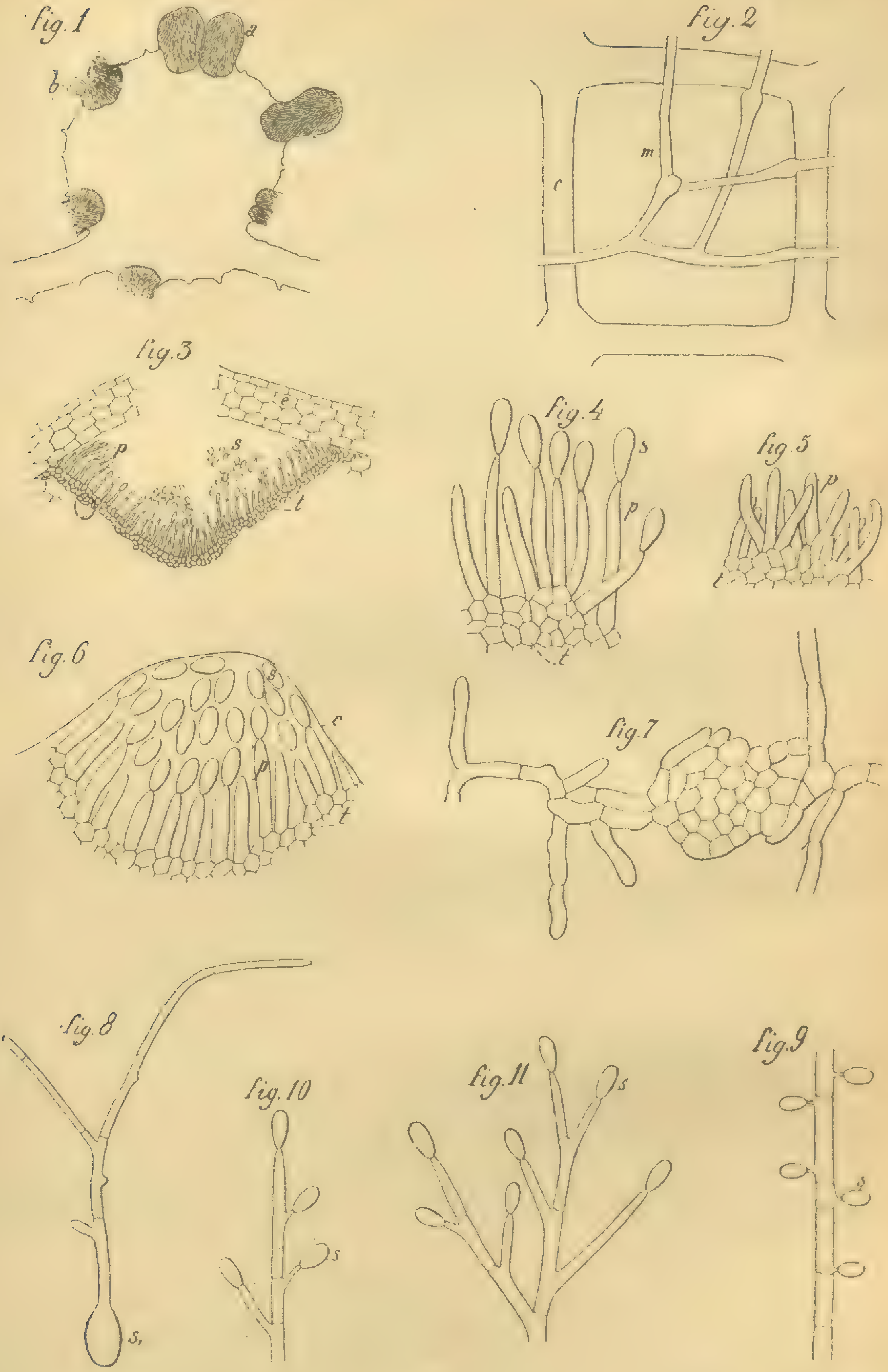
M. Coste termine par la comparaison de la végétation du bassin du Dourdou avec celle du bassin voisin du Rance. Le premier possède plus de 300 espèces qui manquent dans celui du Rance, tandis que ce dernier en a à peine 80 dont le premier soit privé. L'auteur explique cette différence à l'avantage du bassin du Dourdou par la présence des terrains calcaires, les communications faciles avec la région méditerranéenne et une situation topographique lui permettant de profiter de la salutaire influence du climat méditerranéen, bien plus chaud, plus sec et moins humide que le climat girondin, qui règne en maître dans presque tout le bassin du Rance.

(A suivre.) A. Masclef.



Giard del. Éd. Crété. Vitou sc.

Lachnidium acridiorum, Gd.



Leclerc du Sablon del. Imp. Éd. Crété. Millot sc.

Maladie du Platane.

Revue générale de Botanique.
Tome 1. Planche 21.

Millot del. Imp. Éd. Crété Vitou sc.

Appareil pour la transpiration des plantes.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue*.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

Avis. Ce numéro renferme la couverture et le titre intérieur du volume de 1892.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME QUATRIÈME

Livraison du 15 décembre 1892

N° 48

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES

PAUL KLINCKSIECK, ÉDITEUR

52 RUE DES ÉCOLES, 52

EN FACE DE LA SORBONNE

Pour ne pas éprouver de retard dans l'envoi de la *Revue*, on est prié de vouloir bien, de suite, renouveler son abonnement pour 1893, en envoyant à l'Éditeur la somme de 20 francs (22 fr. 30 pour l'étranger). A défaut d'un avis, l'Éditeur fera présenter une quittance par la poste, avec 75 c pour frais de recouvrement, le 15 Janvier 1893.

LIVRAISON DU 15 DÉCEMBRE 1892

Pages.

I. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES VARIATIONS DE PRESSION DANS LA SENSITIVE (avec deux planches), par **M. Gaston Bonnier** 513

II. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES FEUILLES DEVELOPPEES A L'OMBRE ET AU SOLEIL (avec planche), par **M. L. Géneau de Lamarlière** (*fin*) 529

III. — TRANSFORMATION DES CÔNES DES PINS SOUS L'INFLUENCE DES VAGUES (avec figures dans le texte), par **M. William Russel** 545

IV. — RECHERCHE SUR LA MÔLE, MALADIE DU *CHAMPIGNON DE COUCHE* (avec planches), par **MM. J. Costantin** et **L. Dufour** (*fin*) 549

V. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES (avec planche et figures dans le texte), par **M. E. Aubert** (*fin*) 558

VI. — REVUE DES TRAVAUX SUR LA CLASSIFICATION ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE, publiés en 1888 et 1889, par **M. A. Masclef** (*fin*) 569

VII. — TABLES DU VOLUME DE 1891 577

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

PLANCHE 18. — *Recherches sur la Môle.*

PLANCHE 19. — *Recherches sur la Môle.*

PLANCHE 22. — *Mouvements de la Sensitive sous l'influence de la dépression.*

PLANCHE 23. — *Variations de la pression dans la Sensitive.*

Cette livraison renferme en outre 3 gravures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES VARIATIONS

DE PRESSION DANS LA SENSITIVE

Par M. Gaston BONNIER

(Planches 22 et 23).

INTRODUCTION

Beaucoup d'auteurs, comme on le sait, se sont occupés de l'étude de la Sensitive au point de vue des mouvements des feuilles. Je ne referai pas l'historique de cette question.

Je me suis proposé dans ce travail d'exposer quelques recherches expérimentales que j'ai faites sur ce sujet, au point de vue des variations de pression qu'il est possible de provoquer dans le renflement moteur des feuilles sous diverses influences. Les résultats obtenus dans ces expériences pourront peut-être contribuer pour une faible part à l'explication des curieux mouvements qu'exécutent les feuilles de la Sensitive.

Je décrirai aussi quelques expériences faites en diminuant artificiellement la pression, soit dans l'intérieur des tissus de la plante, soit tout autour de la Sensitive. Sur ce dernier point, les différents auteurs sont loin d'être d'accord. C'est ainsi que Dutrochet (1) dit que lorsqu'on fait le vide autour de la Sensitive, le pétiole commun se redresse un peu tandis que les folioles prennent la position du sommeil. M. Sachs (2) décrit les

(1) Dutrochet : *Mémoires pour servir à l'Histoire naturelle des animaux et des végétaux*, t. I, p. 561, 1837.
(2) Sachs : *Vorlesungen*, p. 725.

feuilles comme ayant en ce cas la même position qu'à l'obscurité; le pétiole commun s'abaisserait donc un peu au lieu de se redresser. M. Kabsch (1) voit seulement les folioles se mouvoir et M. Correns (2) a vu que la position des feuilles est analogue à celle qui s'observe lorsque la Sensitive est à une température élevée. D'après lui, le pétiole commun se relève, les pétioles secondaires se rapprochent et les folioles se redressent en se rapprochant plus ou moins. Ce dernier auteur signale d'ailleurs des causes d'erreur qui sont inhérentes à ce genre d'expériences. En cherchant à les éviter, je suis arrivé à un résultat différent de ceux énoncés jusqu'à présent, tout en expliquant les divergences d'opinion que présentent les travaux des auteurs que je viens de citer.

Quant aux recherches sur la pression dans l'intérieur des tissus et sur la relation de cette pression avec les différents mouvements des feuilles, je n'ai trouvé aucun auteur qui se soit occupé de cette question.

I. — Précautions a prendre.

Pour mesurer la pression dans l'intérieur des tissus de la Sensitive, je me suis servi de manomètres, dont une extrémité se terminait par une pointe effilée et dont l'autre extrémité, suivant le cas, se trouvait ouverte ou fermée. Ces manomètres étaient tantôt à mercure, tantôt à eau. Dans ce dernier cas, la partie du manomètre entrant dans la Sensitive présentait une petite anse servant à recueillir le peu de liquide qui pouvait s'écouler de la plante en certains cas (Pl. 22 et 23). Plusieurs de ces manomètres étaient disposés de façon à recevoir une petite couche d'huile au-dessus de l'eau, et d'ailleurs dans les manomètres dont la branche externe était ouverte, celle-ci se terminait par un bouchon traversé par un tube effilé qui se recourbait en dehors.

(1) Kabsch : Botanische Zeitung, 1862, p. 345.
(2) Carl Correns : *Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes*, p. 94 à 99, Tübingen, 1892.

Lorsque la pointe du manomètre est enfoncée dans le renflement moteur et ensuite vernie à la glu marine, il faut opérer avec beaucoup de délicatesse et insérer la pointe tout à fait à la base du renflement moteur, en plaçant le manomètre dans un plan perpendiculaire au plan dans lequel se meut le pétiole principal; sans cela les mouvements du pétiole principal ne peuvent se produire; d'ailleurs, malgré ces précautions, beaucoup de manomètres insérés sur les Sensitives ne fonctionnent pas ou entravent les mouvements des feuilles. Cela peut tenir, soit à ce que le manomètre a été bouché à l'intérieur au moment où on l'a enfoncé, soit à ce que la petite couche de vernis qui entoure la pointe ne ferme pas hermétiquement, soit enfin à ce que la pointe a été enfoncée trop profondément dans la partie mobile du renflement moteur.

Ayant eu à ma disposition un grand nombre de Sensitives en pots, j'ai disposé des manomètres, soit à mercure, soit à eau, sur beaucoup de ces plantes. Je n'ai jamais opéré qu'avec des Sensitives ayant un manomètre qui fonctionnait régulièrement et chez lesquels les mouvements de toutes les feuilles, y compris celles ayant un manomètre près de la base, se faisaient exactement de la même manière que chez une Sensitive comparable sans manomètre. Du reste, au moment de se servir d'une Sensitive pour une expérience, dans le cas où elle porte un manomètre à branche ouverte, il est prudent de prendre toujours les deux précautions suivantes : on penche le pot afin de voir si la pression atmosphérique ne se fait pas sentir à travers le vernis, puis on aspire ou l'on souffle au moyen d'un tube en caoutchouc adapté à la branche ouverte ; avec un peu d'habitude, on peut constater par les mouvements du liquide que le manomètre n'est pas bouché à la pointe et l'on voit en outre si le manomètre revient à sa position initiale.

II. — Changements de pression quand on touche les feuilles.

Je me suis d'abord proposé de chercher si l'on observe une différence de pression dans le renflement moteur ou dans la tige

lorsqu'on touche les feuilles de la Sensitive, et, si ce changement a lieu, de voir dans quel sens il se produit. Pour cela j'ai opéré de la façon suivante. Parmi les Sensitives dont les manomètres fonctionnaient régulièrement et dont les feuilles exécutaient leurs mouvements de la même façon que les Sensitives sans manomètre, j'en ai choisi deux dont les variations de pression à différentes heures de la journée paraissaient très analogues. Après avoir étudié de plus près pendant cinq jours les variations comparées de pression de ces deux plantes dans les mêmes conditions extérieures, j'ai observé l'une d'elles en touchant toutes les feuilles de la Sensitive ou en les laissant reprendre leur position normale, alternativement. L'autre Sensitive servait de témoin. Les mesures étaient effectuées avec une lunette (L, pl. 23) pouvant se déplacer le long d'une tige verticale fixée sur un pied à trois vis calantes, et dans un plan horizontal ; on lisait le niveau du liquide, puis en faisant tourner la lunette on faisait la lecture sur une règle graduée verticale (R, pl. 23) placée à côté des Sensitives.

Voici d'abord les observations qui montrent que les deux Sensitives étaient comparables.

Si on appelle T la température de la serre où on opérait, H la pression atmosphérique, m la pression en millimètres indiquée par le manomètre de la Sensitive n° 1, m' la pression en millimètres indiquée par le manomètre de la Sensitive n° 2, on a :

		21 septembre.		
9 h. matin.	$T = 15°$	$H = 768,0$	$m = -21$	$m' = -18$
2 h. soir.	$T = 25°$	$H = 766,5$	$m = -11$	$m' = -10$
		22 septembre.		
4 h. soir.	$T = 23°$	$H = 768,5$	$m = 0$	$m' = -1$
		23 septembre.		
7 h. 30 matin.	$T = 14°$	$H = 768,5$	$m = -5$	$m' = -6$
4 h. 30 soir.	$T = 25°$	$H = 767,0$	$m = +9$	$m' = +7$
		24 septembre.		
9 h. matin.	$T = 20°,5$	$H = 766,0$	$m = +3$	$m' = +1$
4 h. 30 soir.	$T = 21°$	$H = 765,5$	$m = +2$	$m' = 0$

25 septembre.

9 h. 30 matin.	T = 17°	H = 767,5	$m = -12$	$m' = -11$

On voit que les deux Sensitives choisies sont très sensiblement comparables au point de vue des variations de pression ; elles l'étaient également au point de vue des mouvements des feuilles.

Le lendemain, on opère avec la Sensitive n° 1, la Sensitive n° 2 servant de témoin ; appelons d la différence de pression entre les deux pressions observées successivement, de dix minutes en dix minutes ; on a :

26 septembre.

10 h. 1 m.	T = 22°,5	H = 768,2	$m = +2,75$	
10 h. 11 m.	T = 23°,5	H = 768,2	$m = +4.50$	$d = +1,75$

On touche toutes les feuilles de la Sensitive après la lecture de 10 h. 11 ; au bout de six minutes, on constatera que toutes les feuilles ont repris leur position première :

10 h. 21 m.	T = 23°,5	H = 768,2	$m = +5,00$	$d = +0,50$
10 h. 31 m.	T = 24°,0	H = 768,2	$m = +6,50$	$d = +1,50$
10 h. 41 m.	T = 24°,0	H = 768,2	$m = +9,25$	$d = +2,75$

On touche toutes les feuilles de la Sensitive après la lecture de 10 h. 41 ; au bout de cinq minutes, on constatera que toutes les feuilles ont repris leur position première :

10 h. 51 m.	T = 25°,0	H = 768,2	$m = +8,25$	$d = -1,00$
11 h. 1 m.	T = 25°,0	H = 768,2	$m = +10,50$	$d = +2,25$
11 h. 11 m.	T = 25°,5	H = 768,4	$m = +13,00$	$d = +2,50$

Une seconde série d'expériences reprise dans l'après-midi, a donné :

3 h. 17 m.	T = 27°,5	H = 769,0	$m = +17,50$	
3 h. 27 m.	T = 27°,5	H = 769,0	$m = +17,50$	$d = 0$

On touche toutes les feuilles de la Sensitive après la lecture de 3 h. 27 ; au bout de quatre minutes, on constatera que toutes les feuilles ont repris leur position première :

3 h. 37 m.	T = 26°,5	H = 769,0	$m = +16,00$	$d = -1,50$
3 h. 47 m.	T = 27°,0	H = 769,0	$m = +16,00$	$d = 0$
3 h. 57 m.	T = 27°,0	H = 769,0	$m = +16,00$	$d = 0$

Je citerai encore la série suivante :

27 septembre.

10 h. 32 m.	T = 27°,0	H = 767,25	*m* = + 11,50	
10 h. 42 m.	T = 27°,0	H = 767,25	*m* = + 13,50	*d* = + 2,00

On touche toutes les feuilles de la Sensitive après la lecture de 10 h. 42 :

10 h. 52 m.	T = 27°,0	H = 767,25	*m* = + 13,50	*d* = 0
11 h. 2 m.	T = 27°,0	H = 767,25	*m* = + 15,50	*d* = + 1,50

On voit par les séries d'expériences que je viens de citer que pendant les dix minutes qui suivent l'abaissement provoqué des feuilles, la pression indiquée par le manomètre placé à la base du renflement moteur a toujours été plus faible que la pression observée dans le même manomètre pendant les dix minutes qui précèdent ou pendant les dix minutes qui suivent. Ce phénomène se produisait aussi bien lorsque les pressions allaient en augmentant, comme dans la première série, que lorsqu'elles allaient en descendant, comme dans la seconde. Pendant ces observations, la Sensitive témoin n° 2 avait une marche ascendante ou descendante régulière.

D'autres séries d'expériences faites avec deux autres Sensitives comparables, n° 7 et n° 9, m'ont donné des résultats absolument analogues. On peut donc conclure de tous ces résultats, que :

Quand on touche les feuilles d'une Sensitive, la pression s'abaisse dans le renflement moteur, pour se relever ensuite quand les feuilles se redressent naturellement.

III. — Expériences en diminuant la pression dans l'intérieur de la Sensitive.

J'ai cherché dans une autre série d'expériences comment les pressions se transmettent à travers la Sensitive et si en faisant le vide à travers une section de la tige, on pouvait ob-

server, soit dans la pression des tissus, soit dans les mouvements des feuilles, des modifications notables. Mais avant tout, il était nécessaire de s'assurer qu'une branche de Sensitive coupée et placée dans la serre où l'air est suffisamment humide, peut se maintenir fraîche pendant longtemps et continuer à offrir les mêmes mouvements des feuilles.

Expérience préliminaire. — Deux branches de Sensitive A et B sont prises sur deux plantes différentes comparables ; la température de la serre étant de 25°. A 3 h. 47 m, on trempe l'une A dans l'eau et l'autre B est simplement maintenue dans le trou d'un pot à fleur renversé. En plaçant ces plantes avec délicatesse, elles gardent leurs feuilles dans la position de veille. A 3 h. 55 m., on touche les feuilles des deux branches ; les feuilles se rabattent comme sur une Sensitive en pot. A 4 h. 5 m., elles ont, toutes les deux en même temps, repris leur position initiale, on les recouvre toutes les deux d'un écran, elles prennent presque en même temps leur position de sommeil. Le lendemain à 9 heures du matin (l'écran ayant été supprimé) elles se rouvrent presque en même temps, à la température de 16°. Ce n'est que pendant cette seconde journée qu'il se manifeste une différence notable en faveur de la branche de Sensitive trempée dans l'eau, et qu'on observe une inégalité entre la branche de Sensitive trempée dans l'eau et une Sensitive en pot comparable.

Donc, on peut, sans troubler les mouvements de la Sensitive, opérer pendant plusieurs heures de suite avec une branche coupée.

Première expérience. — On coupe deux branches C et D comparables, prises sur le même pied de Sensitive. L'une est laissée à l'air libre comme la branche B précédente ; l'autre est lutée à la base avec de la cire molle au-dessus d'un tube qui communique d'autre part avec un manomètre et une trompe de Schlœsing; la température de la serre est de 21°,5. A 9 h. 38 m., on fait le vide dans le tube où se trouve la section de la branche C; on établit alors une dépression de 320 millimètres au moyen de la trompe de Schlœsing.

A 9 h. 48 m., on touche en même temps toutes les feuilles de la branche C et de la branche D ; à 9 h. 55 m., les feuilles se sont rouvertes et ont repris leur position normale en même temps pour la branche C et pour la branche D. En recommençant l'expérience avec une dépression de 491 millimètres on obtient le même résultat. Ce n'est qu'en maintenant la dépression à 561 millimètres, c'est-à-dire en ne laissant sur la Sensitive qu'une pression de 202 millimètres et en prolongeant l'expérience pendant trois heures, qu'on arrive à avoir une différence entre le mouvement des feuilles en C et en D. Cette différence est la suivante : sans toucher la feuille, on remarque que l'angle que fait le pétiole commun en C avec la tige est un peu plus grand qu'en D et surtout que les folioles de la branche C dont la section est dans de l'air déprimé sont sensiblement plus relevées que celles de la branche D placée à la pression ordinaire. De plus les branches C et D étant touchées en même temps, la branche C dont la section est dans l'air déprimé ne revenait à son état initial qu'après un retard d'une minute ou deux sur la branche D dont la section était laissée à la pression atmosphérique.

La branche C délutée est mise dans les mêmes conditions que la branche D ; 2 h. 1/2 après, elle avait repris exactement la même apparence que D et les deux branches touchées à la fois ont exécuté les mêmes mouvements. On peut donc dire que la branche C n'avait nullement souffert dans l'expérience.

Deuxième expérience — Dans une seconde série d'expériences j'ai opéré exactement comme précédemment, sauf que chaque branche de Sensitive portait deux manomètres à mercure, l'un à la base du renflement moteur et l'autre dans la tige. Les mêmes phénomènes que ceux dont je viens de parler se sont présentés, de plus la pression interne indiquée par les manomètres insérés à 12 et à 15 centimètres au-dessus de la section n'a pas varié au début. Au bout de 1 h. 5 m., les deux manomètres ont indiqué pour une dépression de 562 millimètres, celui de la tige une dépression de 5 millimètres seulement et celui du renflement moteur situé un peu plus haut, une dépression de $3^{mm},5$.

On peut tirer de ces diverses expériences les conclusions suivantes :

1° *Un changement considérable de pression est bien loin de se transmettre intégralement à travers les tissus de la tige d'une Sensitive.*

2° *Quand on diminue la pression à l'intérieur des tissus de cette plante, on observe, au bout d'un temps assez long, une tendance des feuilles vers la position du sommeil, tendance qui coïncide avec l'abaissement de la pression indiquée par le manomètre dans les tissus de la tige et des renflements moteurs.*

IV. — Expériences en faisant le vide autour de la Sensitive.

Nous venons de voir quel est l'effet lent et peu intense d'une dépression provoquée à l'intérieur des tissus dans la Sensitive. J'ai cherché quels sont les phénomènes qu'on observe en déprimant l'air autour de la plante entière.

Expériences préliminaires. — J'ai d'abord étudié de plus près les modifications dans les mouvements des feuilles avant d'opérer avec une Sensitive à manomètre.

Il faut avoir soin d'opérer lentement en faisant le vide autour de la plante. On sait en effet que si l'on souffle légèrement sur une feuille de Sensitive on fait redresser ses folioles; si on souffle un peu plus fort, on fait rapprocher les pétioles; si l'on souffle plus fort encore, on fait abaisser toute la feuille. En faisant le vide plus ou moins vite, il se produit un courant d'air plus ou moins fort qui peut provoquer, indépendamment de la dépression, les trois effets précédents suivant la force de l'aspiration de la pompe. Or, comme nous allons le voir, tous ces mouvements sont en sens contraire de ceux produits par la dépression seule; ils constituent ainsi autant de causes d'erreur.

Il ne faut pas non plus pousser la dépression trop loin, car si le vide est fait à quelques millimètres près, on sait, comme Dutrochet l'a montré le premier, que la plante devient insensible et qu'aucun mouvement ne peut plus s'effectuer.

Il est très facile, en faisant agir la pompe avec une rapidité plus ou moins grande, de reproduire tous les mouvements précédents. C'est ainsi qu'avec une rapidité moyenne, on peut faire redresser les folioles par un léger courant d'air tout en faisant redresser le pétiole commun par l'effet de la dépression ; en faisant le vide brusquement, on peut faire redresser les folioles, rapprocher les pétioles secondaires et abaisser le pétiole moyen. Comme on va le voir, aucune des descriptions données par les auteurs ne se rapporte exactement aux mouvements dus seulement à une dépression suffisamment modérée. Les erreurs partielles faites dans ces observations doivent tenir soit aux mouvements de l'air, soit à une dépression trop forte.

On prend une Sensitive en pot dont les mouvements des feuilles se font régulièrement, on la place dans une serre à 26° sur la platine d'une machine pneumatique (Pl. 22, fig. 1), on la recouvre d'une cloche rodée et on diminue la pression autour de la plante en faisant fonctionner lentement la machine, tandis que l'observateur placé à une certaine distance vise l'une des feuilles avec un cathétomètre.

On voit alors, à chaque coup de pompe, un mouvement se produire dans les folioles, dans les pétioles secondaires et dans le pétiole général. Ces déplacements que l'on peut suivre avec la lunette du cathétomètre se font dans le même sens, sans retour en arrière. En observant différentes feuilles, les unes placées de profil, les autres de face, ou même en observant à l'œil nu en prenant des points de repère fixes, on constate à mesure que la pression diminue les mouvements suivants : le pétiole commun se relève plus qu'il ne le fait jamais en aucun cas dans la position de veille normale ; les pétioles secondaires s'écartent légèrement les uns des autres et les folioles opposées s'écartant aussi les unes des autres sont un peu rejetées en dehors, de telle sorte qu'une rangée de folioles et la rangée opposée forment un angle dièdre obtus dont l'arête est en haut (Pl. 22, fig. 1 *bis* et fig. 2 *bis*). En somme les feuilles sont, si on peut s'exprimer ainsi, dans l'exagération de l'état de veille.

Pour préciser je vais décrire l'état initial de la Sensitive

mise à la pression atmosphérique de 771 millimètres à 26°, comparée à l'état final où la pression était maintenue à 85 millimètres, en moyenne. Il est bien entendu qu'à cause du dégagement de vapeur d'eau par la plante, il était nécessaire de donner de temps en temps un coup de piston à la machine afin de maintenir l'air autour de la plante entre 70 et 100 millimètres.

Examinons une feuille déterminée. Dans l'état initial (Pl. 22, fig. 2), le pétiole commun faisait avec la tige un angle de 60°, à l'état final cet angle n'était plus que de 40° (fig. 2 *bis* et fig. 3); les folioles dans l'état initial faisaient entre elles, en moyenne, un angle + 160° (1), c'est-à-dire un angle très obtus, dont l'arête est placée en bas (Pl. 22, fig. 2); à l'état final, elles faisaient entre elles un angle de — 147°, c'est-à-dire un angle obtus dont l'arête est placée en haut (fig. 2 *bis*).

Mais il faut bien remarquer qu'il existe un maximum du relèvement du pétiole primaire, d'écartement des pétioles secondaires et de rabaissement des folioles sous l'influence de la dépression extérieure. Il semble que la structure de la plante limite forcément ces mouvements qui tendent à se faire en sens contraire des mouvements ordinaires de la Sensitive, ou bien que la dépression est assez forte pour rendre la Sensitive insensible. C'est ainsi que si la même plante est maintenue à une pression de 40 millimètres, je n'ai pas trouvé de différence sensible avec l'état où elle se trouvait à la pression de 70 millimètres.

J'ai varié l'expérience d'une autre manière en opérant le matin avant le lever du soleil. J'ai placé sous deux cloches, deux Sensitives A et B comparables au point de vue des mouvements et de la position des feuilles. Autour de la Sensitive A, on a maintenu une dépression de 140 millimètres, tandis que la Sensitive B était laissée à la pression atmosphérique. Lorsque la lumière est arrivée peu à peu plus intense, on a pu voir nettement les feuilles de la Sensitive A placée en dépression se réveiller avant celles de la Sensitive B; l'expérience a été refaite le

(1) Par convention, j'affecte du signe + un angle dièdre plus petit que 180° dont les faces supérieures des folioles sont à l'intérieur, et du signe — un angle plus petit que 180° dont les faces inférieures des folioles sont à l'intérieur.

lendemain en changeant les deux Sensitives de place. Elle a réussi aussi en mettant du chlorure de calcium sous la cloche de la Sensitive laissée à la pression atmosphérique, ou du chlorure de calcium dans les deux cloches. On ne peut donc pas dire que l'humidité de l'air ait eu une influence sur la différence du réveil de deux Sensitives.

Expérience. — Une Sensitive est disposée comme précédemment sur la platine d'une machine pneumatique et porte inséré à la base du renflement moteur un manomètre dont la branche extérieure a été fermée à la lampe. Ce manomètre était en dépression avant la fermeture; par suite de la fermeture de la lampe, il est, après refroidissement, en pression de $+ 45^{mm},00$.

La température étant de 25° à 8 h. 30 m. du matin on fait marcher la machine de manière à maintenir la pression autour de la plante entre 80 et 130 millimètres, La pression initiale dans le manomètre à air clos était de $+ 45^{mm},00$; à 10 h. 45 m. la pression est encore restée la même. Des lectures faites d'heure en heure jusqu'à quatre heures du soir, la température restant constante, donnent encore les mêmes chiffres. La dépression est maintenue pendant toute la nuit et le lendemain, à la même température, on observe une pression de $+ 47^{mm},50$.

On voit donc que les mouvements observés lorsqu'on déprime l'air autour de la plante finissent peut-être par manifester à la longue une légère augmentation de pression dans le renflement moteur, à égalité des autres conditions extérieures. La différence n'est pas assez forte pour que je puisse me prononcer affirmativement sur ce point.

Pour vérifier que le manomètre à air clos n'était pas bouché, on l'enlève de la plante à la fin de l'expérience. On trouve que la pression s'élève subitement à + 92 millimètres, ce qui tient à ce que le manomètre étant en dépression avant d'être fermé, puis ayant été obturé à la lampe, lorsqu'on met la branche interne en communication avec la pression atmosphérique, cette pression fait remonter le mercure du côté de l'air clos qui s'est trouvé déprimé après le refroidissement.

Une autre série d'expériences faites avec un second pied de Sensitive ayant un manomètre à air clos inséré dans la tige un peu au-dessus du renflement moteur, a donné une pression constante.

On peut tirer de ce qui précède les conclusions suivantes :

1° *Un changement de pression autour d'une Sensitive intacte provoque immédiatement dans les feuilles des mouvements qui sont inverses des mouvements ordinaires de la Sensitive, c'est-à-dire que le pétiole commun s'élève plus que dans l'état de veille ordinaire, que les pétioles secondaires s'écartent plus les uns des autres et que les folioles tendent à se rabattre en dessous.*

2° *Il y a une pression au-dessous de laquelle on n'observe plus de mouvements ; elle correspond au maximum de relèvement de la feuille.*

3° *La dépression extérieure ne se communique pas dans l'intérieur des tissus à travers la plante intacte, même au bout de trente-huit heures.*

V. — Expériences avec le chloroforme.

J'ai fait d'autres expériences en soumettant les Sensitives à l'action du chloroforme.

Expériences. — Deux Sensitives comparables sont placées sous des cloches ouvertes en haut chacune par une tubulure (Pl. 23, fig. 4). On a placé de la ouate sur la tubulure de façon à laisser possible le renouvellement de l'air dans la cloche ; un thermomètre est suspendu dans chacune des cloches et chaque cloche peut être recouverte d'un écran de papier noir. Les Sensitives étudiées sont munies de manomètres qu'on peut viser à distance avec une lunette L ; une règle graduée verticale R, placée à la même distance de la lunette que les manomètres, permet de mesurer les différences de niveau.

Les choses étant ainsi disposées, on peut dans l'une des cloches mettre une proportion de chloroforme *Clf* telle que le mouvement des feuilles par contact soit seul aboli ou que tous les mou-

vements soient abolis. Dans ce dernier cas, si les Sensitives sont au commencement de l'expérience à l'état de veille, celle qui est chloroformée restera à l'état de veille à l'obscurité. C'est ce que représente la figure 4 de la planche 23 où l'on suppose que les écrans viennent d'être enlevés pour une observation.

Si au contraire elles sont au commencement à l'état de sommeil, la plante chloroformée restera dans cet état même pendant le jour.

J'ai publié ailleurs (1) les chiffres relatifs à ces expériences qui font voir que la pression reste élevée dans les Sensitives chloroformées à l'état de veille et demeure plus basse chez les Sensitives chloroformées à l'état de sommeil.

Il résulte de ces expériences, que :

Lorsqu'on maintient par un anesthésique une feuille de Sensitive dans une position donnée, les variations de pression du renflement moteur sont beaucoup moins grandes qu'à l'état normal.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

J'ai montré par les expériences précédentes que :

1° Lorsqu'on touche les feuilles d'une Sensitive, la pression diminue à la base de la face inférieure du renflement moteur pour se relever ensuite quand les feuilles se redressent naturellement;

2° Lorsqu'on maintient redressées les feuilles par les anesthésiques, la pression du renflement moteur demeure plus élevée;

3° Lorsqu'on déprime l'air dans les tissus de la plante, cette dépression ne se transmet pas intégralement, mais cependant finit par diminuer un peu la pression du renflement moteur et peut provoquer les mouvements tendant vers la position de sommeil;

(1) Gaston Bonnier : *Sur les variations de pression du renflement moteur de la Sensitive, à l'état normal et sous l'inflence du chloroforme* (Bull. Soc. Bot. de France, séance du 25 novembre 1892).

4° Lorsqu'on déprime l'air autour de la plante intacte, les feuilles ont une position plus accentuée encore que dans la position de veille, aussi bien pour les pétioles secondaires et pour les folioles que pour le pétiole commun;

5° La dépression extérieure ne se transmet qu'au bout d'un temps extrêmement lent à l'intérieur des tissus de la plante intacte et n'influe pas sensiblement pendant ce temps sur la turgescence des cellules.

Il résulte donc de l'ensemble de ces recherches que toutes les circonstances qui influent sur le redressement du pétiole des feuilles de Sensitive augmentent la pression des cellules de la partie intérieure du renflement moteur et que toutes celles qui agissent en sens inverse diminuent cette pression.

Il en résulte encore que si l'on élimine avec soin les causes d'erreur, toutes les circonstances qui font redresser le pétiole commun font, avec un retard plus ou moins grand, écarter les pétioles secondaires et rabaisser les folioles, et que toutes celles qui agissent en sens contraire font rapprocher les pétioles secondaires et relever les folioles.

La variation de ces mouvements naturels ou provoqués, de sommeil ou d'excitation, est toujours dans un même rapport avec la variation de la pression interne du renflement moteur.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche 22.

Fig. 1. — La figure 1 représente la Sensitive à son état de réveil maximum en plein jour, à la pression atmosphérique. Elle est munie d'un manomètre *m* dont la branche extérieure a été fermée à la lampe et elle est placée sur la platine *p* d'une machine pneumatique qui ne fonctionne pas.

Fig. 1 *bis*. — Cette figure représente la même Sensitive recouverte d'une cloche et autour de laquelle on a fait lentement le vide par le tube T, à 70 millimètres (pression indiquée par le manomètre *m'*). Les pétioles communs se sont redressés, les pétioles secondaires se sont écartés et les folioles tendent à se renverser en dehors.

Fig. 2. — Une des feuilles de la Sensitive dans sa position initiale. Le pétiole commun fait un angle A avec la tige.

Fig. 2 *bis*. — La même feuille, lorsque l'air est déprimé autour de la Sensitive. Le pétiole commun ne fait plus avec la tige qu'un angle A′.

Fig. 3. — Différences de la position angulaire du pétiole commun avant et après la dépression : A, angle dans la position initiale; A′, angle dans la position finale.

Planche 23.

Fig. 4. — Deux Sensitives comparables A et B sont placées sous deux cloches semblables dont l'une renferme un flacon ayant du chloroforme *Clf.* La Sensitive B a été soumise à l'action du chloroforme dans l'état de veille, puis les deux Sensitives ont été remises à l'obscurité. La Sensitive A a seule pris la position de sommeil. La figure est faite au moment où l'on vient de retirer les écrans noirs pour faire une observation au moyen de la lunette L. La pression est plus forte dans le manomètre de B que dans le manomètre de A.

Fig. 5. — Cette figure représente deux Sensitives comparables n° 1 et n° 2. On n'a pas touché à la Sensitive n° 2; on a touché toutes les feuilles de la Sensitive n° 1. On fait une observation du manomètre avec la lunette L; la pression est moins forte dans le manomètre de la Sensitive n° 1 que dans celui du n° 2.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LES FEUILLES

DÉVELOPPÉES A L'OMBRE ET AU SOLEIL

Par M. L. GÉNEAU DE LAMARLIÈRE (*F.n*).

VI. — Transpiration.

Pour l'étude de la transpiration comparée des feuilles développées à l'ombre ou au soleil, j'ai employé diverses méthodes, assez différentes les unes des autres, que je vais exposer successivement, en discutant la valeur de chacune.

Première méthode. — C'est la plus simple; elle consiste à recueillir des feuilles de la même espèce, à l'ombre et au soleil, à les peser immédiatement pour en obtenir le poids frais P_o, puis à les laisser côte à côte, à l'ombre, sur une feuille de papier blanc, et à les peser de nouveau après un certain temps, on obtient alors un second poids P_1 que l'on retranche du premier. La différence $P_o - P_1$, est le poids de l'eau perdue par la feuille pendant ce temps, et l'on peut admettre que, pendant les premiers temps, cette perte d'eau est sensiblement proportionnelle à l'eau transpirée normalement. Voici les résultats pour quelques plantes auxquelles j'ai appliqué cette méthode.

1° *Berberis vulgaris.* — Les feuilles ont été prises sur le même buisson, les unes au pourtour, les autres au centre.

L'expérience a duré une heure, et a donné par centimètre carré de surface de la feuille les résultats suivants.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00066 \\ \text{Ombre} = 0\ \ ,00055 \end{cases}$$

Les mêmes feuilles pesées encore une heure après ont donné un nouveau poids P_2 plus faible que P_1 ;

Ce qui donne par centimètre carré de surface de la feuille :

$$\frac{P_1 - P_2}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00033 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00011 \end{cases}$$

Une nouvelle comparaison sur les feuilles d'un autre *Berberis*. m'a donné des résultats analogues.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00050 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00040 \end{cases} \qquad \frac{P_1 - P_2}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00043 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00020 \end{cases}$$

2° *Weigelia rosea*. — Cette espèce prise dans les mêmes conditions que le *Berberis*, m'a donné des résultats dans le même sens, et encore plus accentués.

Première expérience.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00120 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00040 \end{cases} \qquad \frac{P_1 - P_2}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00098 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00033 \end{cases}$$

Deuxième expérience.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00150 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00040 \end{cases} \qquad \frac{P_1 - P_2}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00150 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00040 \end{cases}$$

Les feuilles dans la seconde expérience ont perdu la même quantité d'eau pendant la deuxième heure que pendant la première : elles ne présentaient aucune apparence de flétrissement. Dans la première expérience, le flétrissement commençait à se faire sentir.

3° *Hêtre*. — J'ai renouvelé ces mêmes expériences sur des feuilles d'arbres : le Hêtre et le Chêne. Le Hêtre n'a donné que des résultats contradictoires malgré le soin que j'ai pris à choisir les feuilles dans des conditions bien différentes d'éclairement.

Première expérience.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00066 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00069 \end{cases} \qquad \frac{P_1 - P_2}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00052 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00060 \end{cases}$$

Deuxième expérience.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00056 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00056 \end{cases} \qquad \frac{P_1 - P_2}{s} \begin{cases} \text{Soleil} = 0^{gr},00037 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00033 \end{cases}$$

Les feuilles ont perdu moins d'eau pendant la deuxième heure que pendant la première, et il y avait un commencement de flétrissement.

4° *Chêne.* — Cette espèce m'a donné des résultats analogues à ceux que j'ai trouvés avec le *Berberis* et le *Weigelia.*

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \left\{ \begin{array}{l} \text{Soleil} = 0^{gr},00170 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00110 \end{array} \right\} \quad \frac{P_1 - P_2}{s} \left\{ \begin{array}{l} \text{Soleil} = 0^{gr},00095 \\ \text{Ombre} = 0\ ,00077 \end{array} \right.$$

5° *Mirabilis Jalapa.* — J'ai enfin expérimenté sur quelques plantes herbacées prises, les unes dans un endroit découvert et exposé au soleil pendant les deux tiers de la journée, les autres sous un abri formé par une toile noire et opaque. Les individus de même espèce pris dans ces deux conditions étaient dans un sol semblable et d'humidité sensiblement égale.

Voici pour le *Mirabilis Jalapa* un tableau qui donne les quantités d'eau évaporée en une heure par un centimètre carré de la plante.

$\frac{P_0 - P_1}{s}$. Soleil.	Moyenne $0^{gr},0030$	$0^{gr},0024$		Rameaux feuillés.
		0 ,0031		
		0 ,0032		Feuilles isolées.
		0 ,0034		
$\frac{P_0 - P_1}{s}$. Ombre.	Moyenne $0^{gr},0008$	$0^{gr},0009$		Rameaux feuillés.
		0 ,0006		
		0 ,0007		Feuilles isolées.
		0 ,0009		

6° *Solanum nigrum.*

Première expérience.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \left\{ \begin{array}{l} \text{Soleil} = 0^{gr},0037 \\ \text{Ombre} = 0\ ,0017 \end{array} \right\} \quad \frac{P_1 - P_2}{s} \left\{ \begin{array}{l} \text{Soleil} = 0^{gr},0007 \\ \text{Ombre} = 0\ ,0003 \end{array} \right.$$

Deuxième expérience.

$$\frac{P_0 - P_1}{s} \left\{ \begin{array}{l} \text{Soleil} = 0^{gr},0037 \\ \text{Ombre} = 0\ ,0012 \end{array} \right\} \quad \frac{P_1 - P_2}{s} \left\{ \begin{array}{l} \text{Soleil} = 0^{gr},0004 \\ \text{Ombre} = 0\ ,0002 \end{array} \right.$$

Après une heure d'expérience les feuilles étaient déjà très flétries. La quantité d'eau perdue pendant la deuxième heure est insignifiante. J'ai obtenu des résultats dans le même sens avec le *Cirsium arvense.*

Des expériences précédentes il résulte clairement que *si l'on*

mesure la perte d'eau que subissent des feuilles que l'on vient de détacher de la plante, celles qui se sont développées au soleil perdent plus facilement leur eau que celles qui se sont développées à l'ombre.

On voit par là que malgré la défectuosité de cette méthode, puisque l'on ne fournit pas de nouvelles quantités d'eau à la plante à mesure qu'elle en perd, on peut en tirer parti pour la mesure de la transpiration. En effet, la concordance presque absolue de tous les résultats observés fait admettre que si l'on place *dans les mêmes conditions* des feuilles d'une même plante, celles qui se sont développées au soleil transpirent plus par unité de surface que celles qui se sont développées à l'ombre.

Deuxième méthode. — Dans la méthode précédente, j'ai laissé la feuille se flétrir sans lui fournir d'eau à mesure qu'elle en perdait, ce qui m'a obligé à faire des expériences de courte durée. Dans la deuxième méthode, j'ai pris un dispositif au moyen duquel l'eau était fournie à la feuille à mesure qu'il s'en échappe par la transpiration.

Pour cela j'emploie un tube presque capillaire ayant environ un mètre de longueur et gradué au moyen d'un index de mercure, en divisions égales; je dispose ce tube horizontalement, une de ses extrémités est ouverte librement, l'autre, évasée, est courbée vers le haut. Cette dernière extrémité est fermée au moyen d'un bouchon percé d'un trou en son milieu. L'appareil étant rempli d'eau, l'on introduit par le trou du bouchon la base du rameau mis en expérience. Un lut à la cire molle empêche l'eau du tube de s'échapper autrement qu'en traversant la plante. Cet appareil est une modification de celui de Sachs. J'ai négligé l'erreur qui pouvait provenir de l'évaporation de l'eau par extrémité libre du tube, l'ouverture étant très étroite.

Deux de ces appareils, l'un occupé par un rameau développé au soleil, l'autre par un rameau développé à l'ombre, étant mis côte à côte, à la même lumière et dans les mêmes conditions de température et d'humidité, il suffit de faire une lecture de temps en temps sur le tube horizontal gradué pour se rendre compte

de la marche de l'expérience. Toutefois pour avoir un résultat immédiat il faudrait que les deux rameaux eussent des feuilles de surface rigoureusement égales, ce dont il est impossible de se rendre compte d'abord. Ce n'est qu'après l'expérience, lorsqu'on a mesuré la surface des feuilles, que l'on peut établir une comparaison exacte.

Il faut remarquer en outre que par cette méthode on ne calcule pas directement la transpiration, mais l'absorption de l'eau par les rameaux. Si donc le rameau absorbe plus d'eau qu'il n'en émet, ou s'il en émet plus qu'il n'en absorbe (les deux cas peuvent se présenter), on n'obtient aucun résultat exact. Par suite il faut peser le rameau avant et après l'expérience ; la différence, s'il s'en trouve une, indique immédiatement si le rameau a gagné ou perdu en poids.

Voici du reste un exemple des calculs à faire :

1° *Salix rosmarinifolia.* — Le rameau développé au soleil pesait avant l'expérience $3^{gr},810$, après l'expérience, $3^{gr},720$; son poids a donc diminué de 90 milligrammes.

Pendant le cours de l'expérience il a absorbé 795 millimètres cubes ou approximativement 795 milligrammes d'eau. La quantité d'eau évaporée a donc été en tout de 795 + 90, ou 885 millimètres cubes.

Le rameau à l'ombre pesait avant l'expérience : $3^{gr},170$, et après l'expérience : $3^{gr},090$. Il a donc perdu 80 milligrammes d'eau. Il a absorbé pendant l'expérience 210 millimètres cubes ou milligrammes, sa transpiration totale a donc été de 290 millimètres cubes ou milligrammes.

Il ne reste plus qu'à diviser ces quantités d'eau évaporées par la surface des feuilles et l'on obtient par centimètre carré :

Soleil $= 0^{gr},0094$ Ombre $= 0^{gr},0030$

Le rameau développé au soleil a transpiré plus, à surface égale, que le rameau développé à l'ombre.

2° *Hêtre.* — Les rameaux ont augmenté de poids pendant l'expérience, contrairement à ce qui s'est passé pour le *Salix rosmarinifolia.*

Le rameau de Hêtre pris au soleil a augmenté de 5 milligrammes (3gr,740 au début, et 3,745 à la fin). Le rameau pris à l'ombre a augmenté de 15 milligrammes (3,695 au début et 3,710 à la fin).

Le rameau pris au soleil a absorbé 952 milligrammes ; comme il a emmagasiné 5 milligrammes il n'en a émis que 947.

Le rameau pris à l'ombre a absorbé 817 milligrammes, en retranchant les 15 milligrammes qu'il a conservés, on voit qu'il a émis 802 milligrammes. En divisant par les surfaces on obtient :

Soleil = 0gr,0043 Ombre = 0gr,0030

Le *Chêne* dans une autre expérience m'a donné, tous calculs faits :

Soleil = 0gr,0042 Ombre = 0gr,0020

Voici d'ailleurs, calculés par centimètre carré de surface, les résultats obtenus avec cette méthode.

		FEUILLE DÉVELOPPÉE au soleil.	FEUILLE DÉVELOPPÉE à l'ombre.	DURÉE.	TEMPÉRATURE.
		gr.	gr.		Degrés.
Hêtre ...	1°...	0.0014	0.0009	1 heure.	13-16
	2°...	0.0024	0.0011	1 —	16-17
	3°...	0.0028	0.0012	1 —	17-19
Charme..	4°...	0.0013	0.0004	1 —	19,5-19
	5°...	0.0006	0.0002	1 h. 15	19
	6°...	0.0006	0.0002	45 minutes.	19-18
	7°...	0.0007	0.0004	1 heure.	20
Chêne...	8°...	0.0009	0.0003	30 minutes.	18-19
	9°...	0.0005	0.0002	30 —	19-19,5
	10°..	0.0008	0.0002	30 —	19,5-

Cette méthode qui permet de prolonger les expériences m'a toujours donné des résultats dans le même sens, c'est-à-dire que les feuilles développées au soleil transpirent plus que les feuilles développées à l'ombre. Elle confirme d'ailleurs les résultats de la première méthode.

Troisième méthode. — Sur un tube de verre fermé à une extrémité et rempli d'eau aux trois quarts, on place un bouchon

percé en son milieu. On introduit par l'ouverture du bouchon la base d'un rameau fraîchement coupé, de manière que la section plonge dans l'eau. On lute à la cire molle toutes les jointures, et l'on pèse. Si l'on reprend après quelques heures l'appareil et qu'on le pèse de nouveau on trouve une diminution de poids, correspondant à l'eau évaporée par la plante, pendant le temps de l'expérience. Cette méthode n'est qu'une modification de la *méthode des poids*, elle permet de se servir de la balance de précision et de calculer de très petites pertes d'eau.

Le *Teucrium Scorodonia,* dans deux expériences simultanées, m'a donné des résultats dans le même sens que ceux obtenus par les méthodes précédentes.

Première expérience.

Soleil = 0^{gr},0053 Ombre = 0^{gr},0043

Deuxième expérience.

Soleil = 0^{gr},0058 Ombre = 0^{gr},0035

Les nombres précédents représentent la moyenne par heure d'une expérience qui a duré trois heures, à une température d'environ 20°.

Des feuilles de Vigne-vierge (*Ampelopsis hederacea*) se sont comportées de la même manière que le *Teucrium.*

Première expérience.

Soleil = 0^{gr},0020 Ombre = 0^{gr},0010

Deuxième expérience.

Soleil = 0^{gr},0018 Ombre = 0^{gr},0016

Cependant la même méthode appliquée aux rameaux d'arbres, ne m'a pas donné au premier abord de résultats satisfaisants ; voici les chiffres détaillés d'une expérience faite sur le Hêtre :

Deux rameaux pris dans des conditions d'éclairement différentes, et mis en expérience à 10 heures du matin, ont transpiré de 10 heures à 12 h. 30, par centimètre carré :

Soleil = 0^{gr},0094 }
Ombre = 0 ,0133 } Température : 18°-18°,5

de 12 h. 30 à 3 heures :

Soleil $=0^{gr},0042$ ⎫
Ombre $=0\ ,0066$ ⎭ Température : 18°,5-19°,5

de 3 heures à 6 heures :

Soleil $=0^{gr},0024$ ⎫
Ombre $=0\ ,0034$ ⎭ Température : 19°,5-18°

enfin de 6 heures du soir au lendemain à 7 h. 30 du matin :

Soleil $=0^{gr},0033$
Ombre $=0\ ,0018$

Donc au début et pendant un certain temps le rameau développé au soleil a transpiré moins que celui développé à l'ombre; puis il a transpiré davantage. Le changement s'étant opéré pendant la nuit j'ai cru devoir d'abord en attribuer la cause aux circonstances extérieures ; mais j'ai ensuite observé ce changement pendant le jour pour le Charme. Toutes les fois que j'ai expérimenté sur des arbres, j'ai constaté le même fait. Aussi j'ai eu soin chaque fois que j'ai eu affaire à des végétaux ligneux, de ne faire la première pesée que quelque temps après avoir mis le rameau dans l'appareil. En prenant cette précaution, j'ai trouvé pour les arbres des nombres variant dans le même sens que dans les autres méthodes.

J'ai cherché quelle pouvait être la cause de ce phénomène. Mon attention s'est d'abord portée sur l'appareil lui-même. En effet, quand le tube est bouché, il se trouve une certaine quantité d'air entre le bouchon et la surface de l'eau. A mesure que l'eau monte dans le rameau et disparaît par la transpiration, l'espace entre le bouchon et la surface de l'eau s'agrandit et l'air qu'il contient, isolé de l'extérieur, cesse d'être à la pression initiale. Cette diminution de pression est-elle compensée par la tension de la vapeur d'eau qui se produit à mesure que le vide se fait ? Pour résoudre la question, j'ai pratiqué dans le bouchon un second trou par lequel j'ai introduit un tube de verre recourbé deux fois, comme l'indique la figure 1 en M (Planche 21) et dans lequel j'ai mis un peu de mercure. J'ai obtenu de la sorte un manomètre à air libre, m'indiquant à tout instant la pres-

sion de l'atmosphère interne du tube. Pendant trois jours que dura l'expérience le mercure resta absolument immobile, bien que toute l'eau du tube fût presque entièrement absorbée par le rameau. Le manomètre restait cependant sensible à la moindre excitation venant de l'extérieur. Cette expérience démontre que la tension de la vapeur d'eau qui se produit à mesure que le vide se fait dans l'appareil suffit à maintenir l'équilibre initial. L'expérience a réussi aussi bien lorsque je n'ai laissé au début qu'un très petit espace vide entre le bouchon et la surface de l'eau.

L'appareil ne présentant pas d'imperfection, j'ai pensé que la cause d'erreur revenait à la plante elle-même.

On sait en effet depuis les expériences de Hales, bien des fois renouvelées, que les racines produisent une poussée très forte de la sève, qui peut se faire sentir jusqu'aux dernières ramifications de l'arbre. M. Gaston Bonnier vient de démontrer d'une manière frappante, que lorsque l'on coupe un végétal, la pression interne diminue dans la portion située au-dessus de la section, ce qui se comprend d'ailleurs, puisque par le fait même on supprime la poussée des racines et des parties inférieures de la plante. De plus, M. Bonnier (1) a trouvé que cette diminution de pression était sensible immédiatement dans les végétaux ligneux où le tissu conducteur est très développé, tandis que le changement de pression est presque nul au début et pendant un certain temps chez les plantes herbacées et surtout chez les plantes grasses où le tissu conducteur est beaucoup moins abondant.

Ainsi donc, dans la troisième méthode, en coupant des organes herbacés (*Teucrium Scorodonia*, feuilles isolées d'*Ampelopsis*) et en les mettant aussitôt en expérience, je n'ai pas amené de troubles graves dans les pressions internes de ces parties. Mais il n'en a pas été de même dans les végétaux ligneux (Hêtre, Charme, Chêne). Toute section amenant une

(1) Gaston Bonnier : *Sur la différence de transmissibilité des pressions à travers les plantes ligneuses, les plantes herbacées et les plantes grasses.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, séance du lundi 12 décembre 1892.)

diminution de pression dans les rameaux de ces derniers, et cette pression n'étant remplacée artificiellement par aucune force dans le cours de l'expérience, il a fallu quelque temps aux rameaux pour atteindre de nouveau un certain équilibre et fonctionner normalement. Remarquons en passant que le tissu conducteur étant plus abondant dans le rameau développé au soleil, c'est celui des deux qui a le plus à souffrir de la section.

Comment se fait-il que l'inconvénient de couper les rameaux n'ait pas influé sur les résultats obtenus avec la deuxième méthode? C'est que l'appareil était disposé de manière qu'il y eût, pendant tout le cours de l'expérience, une pression constante de 40 millimètres d'eau. Cette pression tendait ainsi à rétablir l'équilibre normal.

Quatrième méthode. — C'est la méthode de Guettard modifiée; elle a l'avantage de ne pas séparer de la plante le rameau sur lequel on opère, et par le fait même de n'interrompre à aucun instant la circulation de la sève. Le procédé consiste à enfermer un rameau tenant encore à la plante et muni d'un certain nombre de feuilles, dans un récipient en verre contenant du chlorure de calcium, en assez grande quantité pour absorber la vapeur d'eau émise à mesure qu'elle s'échappe des feuilles. Il faut toujours mettre assez de chlorure pour que les parois internes du verre soient maintenues sèches. Le chlorure pesé au commencement et à la fin de l'expérience donne par la différence de poids la quantité d'eau rejetée. Voici quelques résultats :

1° *Abies pumila* pour 1 centimètre carré en vingt-quatre heures.

Soleil = 0^{gr},0078 Ombre = 0^{gr},0035

2° *Taxus baccata* pour 1 centimètre carré en vingt-quatre heures.

Soleil = 0^{gr},0266 Ombre = 0^{gr},0095

3° *Hêtre.*

Première expérience.

Soleil = 0^{gr},038 Ombre = 0^{gr},035

Deuxième expérience.

Soleil = 0gr,032 Ombre = 0gr,024

4° *Charme.*

Soleil = 0gr,033 Ombre = 0gr,023

Un des inconvénients de la quatrième méthode est celui-ci : il faut toujours plus ou moins plier les branches pour amener les rameaux mis en expérience à être côte à côte, cette condition étant nécessaire pour qu'ils soient à la même température et au même éclairement. Cette flexion des branches gêne beaucoup la circulation de la sève et peut contrarier les résultats, ce qui m'est arrivé plusieurs fois.

J'ai en effet trouvé des chiffres bien différents en opérant sur la même branche pliée et non pliée.

On voit en somme que cette méthode convenablement employée donne les mêmes résultats que les précédentes.

Cinquième méthode. — Cette méthode a été employée par Boussingault; elle consiste à faire passer un courant d'air continu préalablement desséché, dans un récipient contenant les plantes mises en expérience. Le courant d'air sec enlève la vapeur d'eau de la transpiration qu'il abandonne ensuite en passant sur du chlorure de calcium. Ce sel pesé avant et après l'expérience donne, par la différence des poids, la quantité de vapeur d'eau émise par les plantes.

Voici les détails de l'appareil : l'air est mis en mouvement par un aspirateur (Pl. 21); il pénètre par le tube A dans un flacon laveur B contenant de l'acide sulfurique qui lui enlève toute sa vapeur d'eau ; il passe ensuite dans un tube en U, contenant des fragments de potasse, qui absorbent les vapeurs d'acide sulfurique qui pourraient nuire aux plantes mises en expérience. L'air ainsi desséché passe, au moyen d'un tube en T, dans deux séries d'appareils exactement semblables et parallèles. L'une de ces séries est destinée à la plante développée à l'ombre O, l'autre à la plante développée au soleil S. L'air sec à partir du tube en T est conduit dans les cloches C, C' au fond desquelles il

arrive pour en sortir ensuite par le haut. Dans ces cloches sont disposées les plantes dans des pots convenablement lutés. Un manomètre à mercure M indique que la dépression dans les cloches par suite de la circulation de l'air est à peine sensible (2 à 3 millimètres de mercure) et qu'elle est constante, ce qui montre qu'il ne se produit pas de fuites dans l'appareil, au cours de l'expérience. L'air chargé de la vapeur d'eau de la transpiration sort des cloches par les tubes D, D' et passe dans deux séries de tubes en U, contenant du chlorure de calcium. Ces derniers sont pesés avant l'expérience. Le second tube en U de chaque côté, sert de témoin, son poids ne doit pas varier si l'on a eu soin de mettre une quantité convenable de chlorure de calcium dans le premier.

L'air desséché passe ensuite dans les flacons laveurs E, E' contenant de l'acide sulfurique qui isole les tubes à chlorure de calcium de l'atmosphère de l'aspirateur, au cas où l'on soit obligé d'arrêter le courant d'air pendant l'expérience. De plus, ces flacons indiquent par les nombres de bulles d'air qui se produit à leur intérieur si le courant passe également dans les deux séries d'appareils. A la suite des flacons laveurs, au moyen d'un nouveau tube en T', l'air passe dans un tube unique de caoutchouc G qui est en communication avec l'aspirateur Sp. Par mesure de précaution il est bon de mettre sur le parcours du tube un nouveau flacon laveur F contenant de l'eau. Ce flacon empêche les vapeurs d'acide sulfurique de pénétrer dans l'aspirateur et d'en attaquer les parois métalliques.

J'ai fait avec cet appareil seulement deux expériences sur le Lupin blanc. Les graines de cette plante avaient été semées dans des verres remplis de terre de bruyère et y avaient germé. Je les ai mis en expérience alors que chaque plante avait trois feuilles bien développées. J'avais eu soin de couvrir la surface de la terre d'une couche épaisse de mercure pour empêcher l'évaporation de l'eau qu'elle contenait.

Voici les résultats de ces deux expériences :

	POIDS FRAIS.	VAPEUR d'eau émise.	SURFACE de la plante.	RÉSULTAT pour 1 gr. de poids frais.	RÉSULTAT pour 1 cc. de poids frais.
	gr.	gr.	cq.	gr.	gr.
1° Soleil...	8.675	1.070	118.75	0.123	0.0090
1° Ombre..	13.190	0.615	189.56	0.046	0.0032
2° Soleil...	7.760	0.635	114.17	0.082	0.0055
2° Ombre..	12.455	0.480	189.39	0.038	0.0025

On voit donc que cette méthode confirme les précédentes.

Sixième méthode. — Il me reste enfin à exposer une dernière méthode, celle des pesées directes, qu'on emploie souvent pour l'étude de la transpiration, et qui est peut-être la meilleure. On sait que dans ce cas les plantes cultivées à l'ombre ou au soleil sont dans des pots bien imperméables qu'on achève de fermer avec une plaque de verre convenablement lutée. De la sorte, seule l'eau émise dans la transpiration peut s'échapper. On pèse au commencement et à la fin de l'expérience; la différence de poids donne la quantité de vapeur d'eau perdue par la plante.

J'ai expérimenté seulement sur des Lupins développés les uns à l'ombre, les autres au soleil. Voici les résultats de deux expériences calculées pour 1 centimètre carré de la surface de la plante :

1° Soleil = 0gr,059 Ombre = 0gr,026
2° Soleil = 0 ,025 Ombre = 0 ,010

En résumé les six méthodes que je viens de décrire ont toujours donné des résultats dans le même sens : c'est-à-dire que, à égalité de surface, et toutes les autres conditions étant égales d'ailleurs, les feuilles qui se sont développées au soleil émettent plus de vapeur d'eau que celles qui se sont développées à l'ombre.

Toutes les expériences décrites dans les méthodes précédentes ont été faites à la lumière. On sait combien la chloro-

phylle a d'influence sur la transpiration des plantes exposées aux radiations lumineuses. Comme, d'autre part, l'abondance plus grande de chlorophylle dans les feuilles développées au soleil pourrait jusqu'à un certain point expliquer comment ces feuilles transpirent plus que celles qui ont poussé à l'ombre, j'ai refait quelques expériences, d'après la troisième méthode, mais en plaçant les plantes à l'obscurité, j'ai trouvé les résultats suivants pour le Hêtre :

1° Soleil = 0gr,0088	Ombre = 0gr,0046
2° Soleil = 0 ,0074	Ombre = 0 ,0040

L'expérience a duré vingt-quatre heures, les résultats sont les quantités de vapeur d'eau émises par 1 centimètre carré de surface de la feuille.

On voit donc qu'*à l'obscurité, comme à la lumière, les feuilles développées au soleil transpirent plus par unité de surface que les feuilles qui ont poussé à l'ombre.*

Ce résultat montre que la quantité de chlorophylle différente dans les deux sortes de feuilles ne suffit pas à expliquer la différence d'intensité de leur transpiration, mais qu'il y a là une influence due à la structure du limbe et au nombre des stomates.

Les mêmes raisons qui m'ont fait choisir l'unité de surface de la feuille pour base de comparaison, dans l'étude de l'assimilation chlorophyllienne, m'ont amené à prendre la même base de comparaison pour la transpiration.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Des expériences exposées dans ce travail, il résulte que les diverses fonctions de la plante s'exercent plus énergiquement chez les feuilles qui se sont développées au soleil que chez celles qui ont poussé à l'ombre, lorsqu'on ramène les premières à se trouver dans les mêmes conditions que les secondes. Comme les feuilles développées au soleil ont, dans tous les cas, une transpiration plus abondante, et qu'elles contiennent relativement moins d'eau, la circulation est plus rapide à leur intérieur. Elles reçoivent par là même en plus grande quantité des substances utiles charriées par ce courant d'eau et retenues dans la feuille pour y être élaborées.

D'autre part, la plus grande abondance de chlorophylle dans les feuilles développées au soleil leur permet de fixer plus de carbone dans les tissus de la plante. De plus, grâce à leur épaisseur plus grande, les feuilles développées au soleil ont une respiration plus intense que les autres.

Toutes ces comparaisons ont été faites, je le répète, dans des conditions semblables de lumière, de chaleur et d'état hygrométrique, et en opérant toujours sur des feuilles adultes.

On peut donc, en somme, énoncer la conclusion générale suivante :

A la différence de structure anatomique qu'on observe entre les feuilles développées au soleil et celles qui poussent à l'ombre, correspond une adaptation physiologique de la feuille.

Pour la même surface considérée, la structure des feuilles développées au soleil augmente l'activité de la respiration, de l'assimilation et de la transpiration.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 21.

Fig. 1. —Appareil pour montrer que la tension de la vapeur d'eau est invariable dans un vase clos, pendant toute la durée d'une expérience sur la transpiration; M, manomètre à mercure.

Fig. 2. — Appareil à courant d'air continu pour étudier la transpiration comparée des feuilles développées à l'ombre et au soleil :

A, tube ouvert par où l'air pénètre dans l'appareil;

B, flacon laveur à acide sulfurique;

U, tube en U contenant de la potasse;

T, tube en T dirigeant le courant d'air dans les deux séries parallèles d'appareils;

C, C', cloches hermétiquement fermées où sont enfermées les plantes;

M, manomètre à mercure;

O, la plante développée à l'ombre;

S, la plante développée au soleil;

D, D', tube par où sort l'air des cloches;

E, E', flacons laveurs à acide sulfurique;

T', tube en T, réunissant les deux courants d'air parallèles;

F, flacon laveur contenant de l'eau;

SP, aspirateur établissant le courant d'air.

TRANSFORMATION

DES CONES DE PINS

SOUS L'INFLUENCE DES VAGUES

Par M. William RUSSELL (1)

En certains points du littoral méditerranéen, particulièrement dans les Alpes maritimes et en Corse, on rencontre fréquemment dans les échancrures du rivage ou sur les plages, des corps de forme ovoïde ressemblant assez bien à des pelotes d'étoupe grossière. Ces pelotes sont entièrement constituées par des fils brun clair à tel point enchevêtrés et serrés les uns contre les autres, qu'elles peuvent résister sans se déformer à une forte compression. Les fils, très ténus, sont en général d'une faible longueur; les plus longs, en effet, n'atteignent guère plus de cinq ou six centimètres. Les habitants des côtes les considèrent comme des fragments d'algues agglomérés sous l'influence des vagues.

Il est facile de s'assurer, en examinant un de ces fils au microscope, qu'il ne présente nullement la structure d'une algue : il se montre constitué par un ensemble de longues cellules terminées en pointe à leurs extrémités et qui paraissent posséder de nombreuses ponctuations. Ces cellules, quand on les imprègne de vert d'iode, prennent la coloration verte caractéristique des éléments lignifiés. On se trouve, par conséquent, en présence de débris de végétaux ligneux.

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne dirigé par M. Gaston Bonnier.

Or, les pelotes pouvant atteindre parfois de grandes dimensions, j'en ai vu de la grosseur d'un œuf d'Autruche (1), et étant toutes composées de matériaux semblables, il était difficile

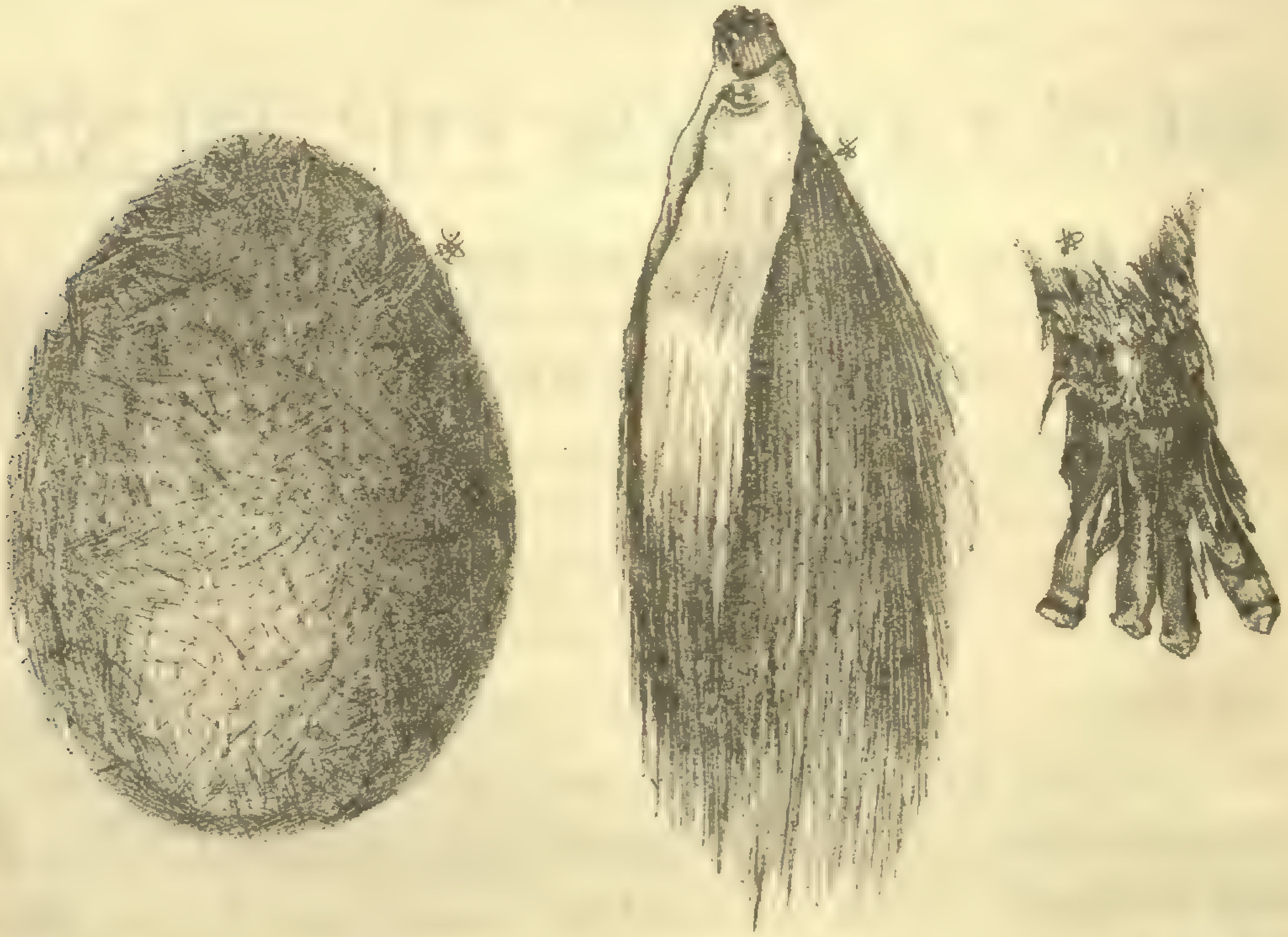


Fig. 68 à 70. — *Cônes de Pins à différents degrés d'altération.* — Les écailles du cône représenté à gauche, en partie détruites dans la portion basilaire de l'organe, sont restées sans modification au sommet. Chez le cône figuré au milieu de la planche toutes les écailles ont persisté mais sont réduites à leurs faisceaux fibro-vasculaires entièrement séparés les uns des autres, sauf à la base du cône. Dans cette région, les écailles par suite de la destruction seulement partielle des éléments parenchymateux se montrent sous forme de lames planes effilochées à leur extrémité libre.

La figure de droite montre quel est le résultat ultime de la destruction des cônes. Leurs éléments fibro-vasculaires après avoir été complètement dissociés, s'agglomèrent sous les flots sous forme de paquets ovoïdes ressemblant à des pelotes d'étoupes.

d'expliquer l'origine de ces épaves, sans avoir assisté à quelques-unes des phases de leur formation.

Cette circonstance ne doit se présenter que rarement, car, personne, à ma connaissance du moins, n'a décrit jusqu'ici, ces bizarres productions.

Voici comment j'ai été amené à une solution.

Au cours d'une herborisation à l'île Sainte-Marguerite (près

(1) Cet échantillon, que je dois à l'obligeance de M. Ernest Petit, provenait de l'île de Cor…

de Cannes), je suivais, sur la rive méridionale, un chemin tracé au milieu d'un bois de Pins qui s'avance presque où s'arrête le flot, lorsque mon attention fut attirée par un amas de ces pelotes énigmatiques, amas si considérable qu'il constituait une véritable levée autour d'une petite anse ombragée de grands Pins maritimes battus par les vagues.

En examinant avec soin ce dépôt, je ne tardais pas à découvrir outre des pelotes semblables à celles que j'ai signalées plus haut, des cônes de Pins, les uns non détériorés, les autres comme effilochés et passés à la carde. Parmi ces derniers, quelques-uns n'avaient éprouvé de modifications que dans leurs écailles qui étaient divisées en nombreux filaments encore adhérents à l'axe resté intact. Les pommes de Pins ainsi transformées avaient absolument l'apparence de ces gros pinceaux connus sous le nom de blaireaux. Dans d'autres échantillons, l'axe avait essuyé le même sort que ses appendices et était réduit à son squelette ligneux auquel restaient encore fixés quelques filaments, derniers restes des écailles.

J'ai été assez heureux pour trouver des écailles à des états divers d'altération, ce qui m'a permis de suivre en quelque sorte pas à pas, par l'étude anatomique, la marche de la destruction.

La voici en quelques mots :

Au début, le parenchyme de l'écaille, bien qu'étant fortement lignifié, disparaît presque en entier et met à nu les faisceaux. Ceux-ci formés de trachées peu abondantes et d'une couche épaisse de fibres sont, à la base de l'écaille, réunis en un arc divisé par d'étroits rayons médullaires, tandis que vers le sommet, ils se séparent peu à peu les uns des autres et laissent entre eux des espaces de plus en plus grands occupés par du parenchyme. Il en résulte, qu'après la disparition des parties parenchymateuses, l'écaille se présente sous la forme d'une lame fibro vasculaire dentelée à son extrémité libre. Plus tard, les rayons médullaires sont à leur tour détruits et les faisceaux devenus libres flottent sous forme de filaments qui restent quelque temps encore en relation avec l'axe; finalement ils se

dissocient en grande partie, ainsi que l'axe lui-même, et vont voguer au gré des flots pour se réunir à nouveau avec d'autres débris de même origine.

Maintenant qu'est-ce qui détermine cette espèce de rouissage éprouvé par les diverses parties des pommes de Pins?

Selon moi deux explications me semblent possibles : on peut admettre que la mise à nu et la séparation des faisceaux fibro-vasculaires sont déterminées par l'incessant frottement des particules sableuses sur les cônes tombés à la mer ou bien qu'elles sont dues à quelque microorganisme, qui détruit les parties parenchymateuses et respecte les éléments plus résistants tels que les vaisseaux et les fibres.

Quoi qu'il en soit on peut admettre comme conclusion :

Que les cônes de Pins, tombés dans la mer, éprouvent une sorte de trituration qui entraîne la dissociation de leurs éléments fibro-vasculaires, et que ceux-ci se réunissent de nouveau en paquets parfois volumineux qui sous l'influence des mouvements oscillatoires déterminés par le jeu des vagues prennent une forme ovoïde caractéristique.

RECHERCHES SUR LA MOLE

MALADIE DU CHAMPIGNON DE COUCHE

Par MM. J. COSTANTIN et L. DUFOUR *(Fin).*

CHAPITRE II

Extension de la maladie dans les carrières.

1° *Importance de la maladie.* — Nous nous sommes livrés à une enquête assez étendue afin d'avoir une idée de l'importance de la maladie, et les réponses qui nous ont été faites de côtés différents sur cette question ont été assez concordantes entre elles. Elles nous conduisent à penser que dans un grand nombre de carrières et dans les conditions les plus ordinaires de culture, le rapport des individus malades aux individus sains est d'environ de 1/10. Dans certains cas moins fréquents, cette proportion peut s'élever jusqu'à 1/4. Bien plus, il peut arriver que la maladie prenne une extension beaucoup plus grande : certains jours le poids des individus atteints de la môle est de beaucoup supérieur à celui des individus normaux. Un champignonniste a raconté à l'un de nous qu'il avait récolté dans une carrière assez peu étendue en une seule journée jusqu'à quarante-huit paniers (1) de môles ; le nombre des individus sains était ce jour-là extrêmement faible. Dans ces conditions, la maladie

(1) Le poids de champignons contenus dans un panier varie entre 12 et 15 kilogrammes. La récolte des môles pouvait donc être évaluée approximativement, en prenant une moyenne, à environ 400 kilogrammes.

devient une véritable calamité et peut amener la ruine de l'industriel.

D'après les renseignements que nous a fournis M. Loubrieu, inspecteur des Halles, il arrive chaque jour sur ce marché de 800 à 900 paniers de champignons de 12 à 15 kilogrammes chaque ; il s'y vend donc journellement environ 12,000 kilogrammes d'Agarics destinés soit à la consommation immédiate, soit à la fabrication de conserves réservées à l'exportation. Les champignonnistes qui apportent leurs produits aux Halles centrales sont ceux des environs immédiats de Paris, cependant quelques industriels des environs de Pontoise et de Beauvais sont compris dans cette catégorie. Les chiffres mentionnés plus haut ne correspondent certainement pas à la production complète de toutes les carrières de la région précédente, car beaucoup de champignonnistes expédient et vendent directement leur récolte ou fabriquent eux-mêmes leurs conserves. Aussi M. Lachaume (1) évalue-t-il la production journalière du champignon dans les environs de Paris à 25,000 kilogrammes.

En admettant ce dernier chiffre, et en tenant compte du prix moyen de 1 fr. 50 le kilogramme, on voit que la valeur annuelle de la production est d'environ 13 millions de francs. Si nous supposons que le poids de môles est égal au 1/10 de la récolte, ce qui est plutôt un minimum d'après ce que nous avons dit, nous arrivons à conclure *que la perte annuelle dans les environs de Paris dépasse un million.*

2° *Distribution des môles sur les meules.* — Quand on parcourt une carrière où sévit la maladie d'une manière peu intense, on est très frappé de la *distribution irrégulière* des champignons malades. C'est de-çi de-là qu'apparaissent les individus atteints ; ici une petite touffe d'échantillons déformés, à quelques mètres plus loin une autre, et cela sans qu'on puisse *a priori* observer de règle.

C'est là, disons-nous, ce que l'on observe le plus fréquemment ; mais souvent, dans les cas de grande épidémie, la maladie peut

(1) Lachaume : *Le champignon de couche, culture bourgeoise et commerciale.*

s'étendre et envahir par exemple tout un fond de carrière. Ce sont alors les échantillons sains qui sont isolés au milieu des champignons malades. Comme nous l'avons dit précédemment, on est dans ce cas averti à une assez grande distance de l'extension du mal par une odeur âcre qui prend à la gorge.

L'époque d'apparition des champignons attaqués sur les meules est variable. Ils se montrent quelquefois tout à fait au début de la culture ; c'est un symptôme très inquiétant, car on peut alors redouter que la maladie ne devienne extrêmement grave. En général, c'est vers le milieu de la période de rendement d'une meule que le développement de la maladie arrive à son maximum ; le mal s'atténue en même temps que la force productrice de la meule s'amoindrit.

3° *Culture à l'air. Carrières neuves.* — Nous avons, à plusieurs reprises, entendu des champignonnistes dire qu'il ne se développait pas de môles quand on cultivait le champignon à l'air. Nous croyons qu'il n'y avait là que l'exagération d'un fait vrai : c'est qu'il y a *peu* de cas de maladie dans ces conditions culturales.

Les remarques que nous avons faites dans l'introduction paraissent s'accorder avec cette manière de voir. Le silence de Tournefort sur la maladie d'une part, et l'antiquité du mot môle d'autre part, ne peuvent se concilier qu'en admettant que l'affection précédente était peu redoutable quand on cultivait le champignon dans les jardins.

Rien ne paraît devoir s'opposer *a priori* au développement du parasite dans les cultures à l'air. Les petites épidémies que l'on observe d'ailleurs sur un certain nombre d'espèces poussant spontanément dans la nature confirment cette opinion. M. Cornu (1) a signalé autrefois une pareille invasion du *Mycogone rosea* sur l'*Amanita prætoria* ; nous avons pu en observer d'analogues sur l'*Amanita rubescens* et l'*Inocybe Trinii*. Très communément aussi on rencontre des Bolets dont le pied est couvert par le *Sepedonium chrysospermum*.

(1) *Loc. cit.*

Une part importante de la maladie doit être cependant attribuée aux carrières dans lesquelles depuis le commencement du siècle on cultive le champignon de couche. Ce qui nous paraît le prouver, ce sont les précautions minutieuses de propreté que les champignonnistes ont été amenés à prendre peu à peu depuis qu'ils font leurs meules en des souterrains. L'opinion qu'ils professent sur les carrières neuves nous semble également confirmer cette manière de voir.

Nous avons entendu, en effet, répéter à beaucoup de praticiens qu'il n'y avait pas de môles dans les carrières neuves. C'est là un fait que nous n'avons pas encore eu l'occasion de vérifier par nous-mêmes et sur lequel nous publierons peut-être prochainement des observations (1), mais il nous paraît mériter considération. Une affirmation même nous a paru en particulier digne d'être notée ; c'est celle d'un ouvrier français qui a cultivé pendant cinq années des champignons en Angleterre, à Bradford, sans constater la présence des môles sur les meules; les carrières exploitées étaient neuves au début, on n'y avait jamais cultivé de champignon, elles étaient il est vrai froides et nous allons voir que c'est là une condition favorable pour la bonne santé de l'Agaric. Le fait précédent est d'autant plus remarquable que le blanc était régulièrement expédié de Paris.

Y a-t-il lieu d'espérer d'après cela que l'on parviendra à supprimer entièrement le mal en assainissant les caves? Cela ne nous paraît pas vraisemblable, puisque le parasite peut exister en dehors des carrières. Si cependant on réduisait les causes de contamination, on diminuerait par cela même les cas d'épidémies graves et ce ne serait pas un médiocre résultat. Depuis longtemps déjà, les champignonnistes ont la notion très exacte de la nécessité de nettoyer leurs carrières ; ils prennent des précautions tout à fait curieuses, minutieuses et quelquefois puériles comme devant un ennemi invisible et inconnu. Nous verrons

(1) Depuis l'époque où ces lignes ont été écrites, l'un de nous a publié des résultats sur ce point : Costantin, *De la culture dans les carrières neuves* (Bull. de la Soc. Mycol., 1892).

si les procédés qu'ils emploient sont efficaces et suffisants.

4° *Conditions physiques de développement du mal : température et étouffement.* — Deux conditions physiques nous paraissent intervenir d'une manière prépondérante dans le développement du parasite ; la température du milieu ambiant et le renouvellement de l'air.

Nous avons constaté à maintes reprises dans nos cultures sur milieux stérilisés qu'aux environs de 10° le développement des *Mycogone* et des *Verticillium* est beaucoup plus lent qu'à une température plus élevée de 15°, 20° et 30°. — Ceci est d'ailleurs confirmé par cette remarque que la môle est peu redoutable dans les carrières froides. Les industriels qui cultivent le champignon à basse température récoltent d'une manière moins précipitée le *Psalliota*, mais ils ont moins à redouter le parasite qui l'attaque. Ceux qui, pour avoir une récolte plus abondante et plus précoce, échauffent leur carrière par exemple en rentrant du fumier dans les parties laissées libres par la culture, sont exposés à de graves mécomptes quand la maladie fait son apparition. Aussi beaucoup préfèrent conserver la température basse de leur carrière, ils peuvent ainsi cultiver à une température presque invariable pendant toute l'année. Cette constance de la chaleur a été une des conditions les plus avantageuses découlant de la culture en des souterrains. L'utilisation des carrières a donc contribué puissamment à activer la production du champignon de couche.

Dans l'air confiné, la maladie est beaucoup plus redoutable que dans l'air renouvelé. Une expérience très simple montre ce fait. On place un premier lot de champignons jeunes malades sous cloches et un second lot en dehors. Au bout de deux jours on observe une différence frappante entre les individus de ces deux lots. Les premiers ont le chapeau, le pied et les feuillets couverts de filaments blancs qui n'étaient pas visibles précédemment, les seconds ont conservé leur aspect primitif. On conçoit, d'après cela, que la fermeture d'une bouche d'air puisse avoir, dans certains cas, des conséquences néfastes et que la môle puisse en vingt-quatre heures prendre un caractère épidémique

et envahir tout un carré, ainsi que nous avons eu l'occasion de le constater.

5° *Propagation de la maladie.* — Parmi les agents qui nous paraissent jouer un rôle important dans la propagation de la maladie, nous devons signaler les courants d'air qui existent dans les carrières, les insectes qui y pullulent et les ouvriers qui y travaillent dont les mains et les vêtements sont constamment chargés des spores parasites.

Il est des pratiques culturales qui doivent également beaucoup contribuer à l'extension du mal. Les ouvriers chargés de la récolte déposent d'ordinaire les échantillons malades dans les sentiers qui existent entre les meules ; ils y restent un temps plus ou moins long et ils y laissent évidemment les spores du *Verticillium.*

Une autre habitude également déplorable est celle qui consiste à laisser les môles sur les meules quand elles deviennent trop nombreuses. Les champignonnistes considèrent, dans ce cas, que l'enlèvement des individus atteints par le mal est une perte de temps et d'argent.

Enfin, pour économiser la main-d'œuvre, dans un grand nombre de carrières, surtout celles où il faut descendre par une échelle, on laisse la terre qui a servi à couvrir les meules ainsi que les vieilles môles dans les coins de la carrière. Elles deviennent évidemment dans la suite des foyers d'infection, aussi les champignonnistes ont-ils souvent l'occasion de remarquer que la môle se développe beaucoup dans le voisinage des points où se trouvent ce qu'ils appellent les dégobtures (la terre à gobter ou à gopter est celle qui recouvre les meules).

6° *Remèdes employés par les champignonnistes.* — A proprement parler nous n'avons entendu parler d'aucun remède direct employé par les champignonnistes contre la môle, sauf peut-être le sciage des parties de meules trop attaquées ou leur refroidissement à l'aide de trous de sonde que l'on remplit d'eau.

Mais s'il n'y a point de méthodes pour attaquer le mal directement, deux pratiques culturales peuvent d'une manière indirecte contribuer à enrayer son développement, ce sont :

1° Le nettoyage des carrières ;

2° Les interruptions de culture.

1° La plupart des champignonnistes se contentent de nettoyer après chaque culture les carrières aussi complètement que possible : ils enlèvent soigneusement tous les débris de fumier et ils grattent le sol. C'est certainement grâce à ces précautions que la culture peut donner de bons résultats, mais on conçoit combien ces procédés sont primitifs pour se débarrasser d'un parasite microscopique.

Quelques industriels, en très petit nombre, emploient l'eau de chaux pour nettoyer le sol et les murs jusqu'à la hauteur des meules. D'après les témoignages que nous avons recueillis, les résultats obtenus par cette méthode ne sont pas concordants : selon les uns ils seraient bons, selon les autres insuffisants.

2° L'interruption de la culture dans une carrière est un procédé assez communément usité pour rendre la culture plus facile. On conçoit que dans les régions où le prix de location des caves est élevé, on ne se résigne pas à employer cette méthode sans répugnance ; on les laisse reposer six mois, le moins longtemps possible. A une certaine distance de Paris, on n'hésite pas à laisser, après une culture, une carrière abandonnée pendant trois ans.

On ne peut guère comprendre l'utilité de ce repos des carrières qu'en admettant que les spores du parasite se dessèchent et se détruisent pendant ce temps; il n'est pas possible de comparer l'abandon d'une cave à la mise en friche d'un champ : le sol nourricier du champignon, ce n'est pas le plancher de la carrière, mais le fumier, et on renouvelle ce dernier après chaque culture.

Nous nous sommes demandé si l'on ne pourrait pas supprimer cette période de repos. Si l'on y parvenait sans nuire à la culture on la rendrait par cela même plus intensive. Nous publierons prochainement dans ce même recueil les résultats de nos expériences sur cette question, dans un chapitre complé-

mentaire au présent mémoire concernant l'action des antiseptiques sur le parasite produisant la môle.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche 16.

Fig. 1 et 2. — Aspect d'un champignon sain.
Fig. 3. — Section longitudinale d'un champignon sain.
Fig. 4. — Individu atteint de la môle, *forme commune.*
Fig. 5. — Section longitudinale de l'individu précédent.
Fig. 6, 7 et 8. — Divers aspects des individus attaqués.
Fig. 9 et 10. — Échantillons très jeunes et sains.
Fig. 11, 12 et 13. — Champignons très jeunes et malades. (Tous ces dessins sont réduits de 1/3.)

Planche 17.

Fig. 14. — Individu malade de la forme commune, non encore étalé.

Fig. 15, 16 et 17. — Individus de la deuxième forme (sclérodermique), à chapeau réduit, à feuillets rudimentaires, à pied renflé. Ils sont couverts de *Verticillium* à petites spores.

Fig. 18. — Individu gigantesque se rattachant également à la deuxième forme.

Fig. 19. — Échantillon de la forme sclérodermique déjà plus caractérisé par l'atrophie du chapeau.

Fig. 20. — Échantillon analogue au précédent dans lequel deux individus se sont soudés.

Fig. 21. — Section longitudinale d'un individu typique de la forme sclérodermique.

Fig. 22. — Aspect d'un individu typique de la forme sclérodermique.

Fig. 23. — Échantillon exceptionnel de la forme sclérodermique qui était couvert sur une partie de sa surface de *Verticillium* à petites spores et sur l'autre de *Mycogone*.

Planche 18.

Fig. 24, 25 et 26. — Divers aspects du *Verticillium* à grandes spores; *s*, spores.

Fig. 27 à 33. — Divers aspects des *Mycogone* anormaux. Les figures 30 et 33 montrent des *Mycogone* tricellulaires. Les figures 27, 28, 29 et 33 représentent des *Mycogone* dont la cellule terminale n'est pas sphérique.

Fig. 34 et 35. — Filaments incolores dressés qui recouvrent un champignon malade de la forme commune, au bout d'un séjour de vingt-quatre heures sous cloche.

Fig. 36. — *Chancre*. La partie des feuillets non teintée est couverte d'une moisissure blanche formée de *Verticillium* à grandes spores et de *Mycogone*.

Planche 19.

Fig. 37 et 38. — *Chancre*. Autre aspect de champignons désignés sous le nom de « chancre ». La forme du chapeau de l'individu représenté figure 37 présentait des *Mycogone*, celui qui a été dessiné figure 38 n'offrait que des *Verticillium* à petites spores. Dans ces deux cas, les moisissures n'existaient au début que sur le haut du chapeau.

Fig. 39 et 40. — *Mycogone* normal; figure 39, jeune.

Fig. 41. — Section d'un feuillet d'un champignon atteint par la môle, forme commune; — *b*, basides encore stériles de l'Agaric; *p*, mycelium du parasite; *p'*, filaments stériles du parasite qui sortent des feuillets; *fs*, filaments sporifères de *Verticillium* à grandes spores; *s*, l'une de ces spores.

Fig. 42 et 45. — Divers aspects du *Verticillium* à petites spores et à filaments grêles; *s*, spores groupées en tête et tombées; *t*, tête sporifère encore en place.

Fig. 46 et 47. — Régions isolées observées dans la même préparation que la figure 41. — Fig. 46. Hymenium de l'Agaric entre les cellules duquel s'observe un filament du parasite. — Fig. 47. Un de ces filaments mycéliens du parasite; la partie horizontale était parallèle à l'hymenium; le filament se redressait pour se diriger vers l'hymenium.

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION

DES PLANTES GRASSES

Par M. E. AUBERT (*Fin*).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE L'ÉTUDE SUR LA RESPIRATION ET L'ASSIMILATION DES PLANTES GRASSES A LA LUMIÈRE.

Les plantes ordinaires, exposées à la lumière, puisent en général dans l'air libre l'acide carbonique qu'elles décomposent par leurs parties vertes, dégagent de l'oxygène et fixent le carbone dans leurs tissus, même lorsque la radiation est d'assez faible intensité.

L'assimilation l'emporte presque toujours sur la respiration qui a lieu même à la lumière et qui détermine des échanges gazeux inverses (absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique). Cependant, quand la température est assez élevée, la respiration prédomine sur l'assimilation et, comme phénomène résultant, on constate l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique.

Les plantes grasses se comportent dans certains cas comme les plantes ordinaires. Toutefois elles présentent des particularités intéressantes.

1° M. Mayer a trouvé que certaines Crassulacées, exposées à la lumière, dégagent de l'oxygène dans une atmosphère dépourvue d'acide carbonique.

En étudiant de plus près ce phénomène, j'ai reconnu qu'il est applicable à toutes les plantes grasses, dans les conditions suivantes:

Les plantes grasses dégagent de l'oxygène à la lumière, en l'absence d'acide carbonique dans l'air extérieur :

A basse température par une lumière diffuse faible ;

A une température moyenne par une lumière diffuse vive ;

A une température élevée par un soleil très vif.

2° MM. Bonnier et Mangin, d'accord avec les physiologistes qui les ont précédés, ont fait entrevoir qu'une plante peut, *transitoirement*, vers le début et la fin du jour, absorber à la fois de l'oxygène et de l'acide carbonique, ou dégager simultanément ces deux gaz. J'ai trouvé, dans de nombreuses expériences que :

Le dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique est un phénomène très fréquent chez les plantes grasses.

Ce phénomène s'accomplit :

Quand la température est voisine de celle des régions équatoriales et les plantes exposées à une lumière de moyenne intensité;

Quand la température est peu élevée, mais la lumière très faible.

Lorsqu'on isole les échanges gazeux se rapportant à l'assimilation chlorophyllienne seule, on reconnaît que :

Pour toutes les plantes, charnues ou non :

1. *L'intensité de l'assimilation croît avec la température dans des conditions d'éclairement identiques ;*

2. *L'intensité de l'assimilation diminue avec l'âge de la plante, à égalité de température et d'éclairement ;*

3. *A égalité de température et d'éclairement, et pour une même phase de la période végétative, les échanges gazeux dus à l'assimilation sont d'autant plus considérables que les plantes sont moins charnues.*

Quant au rapport $\frac{O}{C} = a$ de l'oxygène dégagé à l'acide carbonique absorbé par l'action chlorophyllienne, *il est supérieur à l'unité pour tous les végétaux.*

Très voisin de 1 pour les plantes ordinaires, le rapport $\frac{O}{C}$ *s'en éloigne d'autant plus, pour les plantes grasses, que celles-ci sont*

plus charnues, qu'il s'agisse de diverses espèces, ou bien d'une même espèce aux différentes phases de son développement.

Remarque. — Les courbes représentatives du phénomène respiratoire (fig. 67, p. 384) peuvent être adoptées pour traduire graphiquement le phénomène assimilateur dans la série végétale, en changeant sur la figure $\frac{CO^2}{O}$ en $\frac{O}{C}$ et les mots « oxygène absorbé » en *oxygène dégagé*, « et acide carbonique dégagé » en *acide carbonique absorbé*.

Ainsi, les plantes très charnues n'assimilent que peu de carbone à la lumière et y dégagent une grande quantité d'oxygène provenant de la décomposition des acides organiques formés pendant la nuit.

CONSIDÉRATIONS SUR LA RÉPARTITION ET LE MODE D'EXISTENCE DES PLANTES GRASSES A LA SURFACE DU GLOBE, TIRÉES DE LA CONNAISSANCE DES RECHERCHES PRÉCÉDENTES.

Th. de Saussure (1), à la suite de ses observations sur les plantes grasses, écrivait :

« Les feuilles des plantes grasses consomment, à l'obscurité, moins d'oxygène que la plupart des autres feuilles ; elles le retiennent davantage : d'où elles dégagent moins d'acide carbonique.

« Une plante grasse, dégageant ainsi une faible quantité d'acide carbonique à l'obscurité, ne perd qu'une petite quantité de carbone. Les plantes grasses peuvent donc supporter plus longtemps la disette de cet aliment que les plantes ordinaires. Leurs racines ne jouent qu'un faible rôle dans leur végétation. Ainsi s'explique leur station sur le sable, l'argile, sur un sol stérile, etc. Comme elles consument moins d'oxygène, elles peuvent vivre dans une atmosphère raréfiée : aussi constate-t-on la présence d'un grand nombre de *Sedum*, de *Sempervivum*, de Saxifrages, sur les montagnes. »

Les délicates observations de l'illustre savant concernent surtout les plantes grasses acclimatées dans les régions tempérées, jusqu'au voisinage des zones glaciales.

Lemaire (2), en parlant des Cactées, montre ces plantes réparties, en Amérique, sur une vaste étendue de part et d'autre de l'équateur, habitant sur les côtes, se répandant à profusion dans les plaines, pénétrant même sur les montagnes et parfois, mais très rarement d'ailleurs, sur les Andes jusque près des neiges persistantes. Ces végétaux, atteignant de vastes dimensions dans les plaines, sont au contraire rabougris aux alti-

(1) Th. de Saussure : *Recherches physiques sur la végétation*. Paris, 1804.
(2) Ch. Lemaire : *Les Cactées*. Paris, 1868.

tudes élevées où ils revêtent une épaisse fourrure. Les dimensions restreintes que présentent les Cactées à une haute altitude, se manifestent de même quand elles pénètrent dans les régions tempérées.

Grisebach (1) fait remarquer qu'en Amérique, patrie des Cactées, c'est sur les terrains secs exposés au soleil que cette famille développe la plus grande variété de structure. Transportées en Espagne dès la conquête du Mexique, les Cactées s'y sont rapidement acclimatées et ont pris une extension considérable dans tout le domaine méditerranéen.

Ni Lemaire, ni Grisebach n'ont tenté d'expliquer la distribution des Cactées et autres espèces grasses sur le globe.

Les observations de Th. de Saussure, au sujet des plantes grasses de nos pays, m'ont suggéré quelques réflexions ayant trait aux relations entre la structure des plantes grasses, en général, et leur milieu de développement normal.

Les plantes grasses à épiderme mince résident dans les région tempérées : *Crassulacées*.

Les végétaux charnus pourvus d'un épiderme fortement cutinisé habitent les régions tropicales : *Cactées*.

Telles sont les remarques générales faites jusqu'à ce jour.

Ne peut-on, par des considérations physiologiques, trouver la raison de cette répartition ?

Les plantes grasses ont à *lutter contre la transpiration* (surtout dans les régions tropicales) et à *tirer le meilleur parti possible de la lumière*, qui les pénètre plus difficilement que les plantes ordinaires, leurs tissus étant plus épais.

1° *Lutte contre la transpiration.* — Les *Sedum*, *Sempervivum*, *Crassula* de nos contrées possèdent des feuilles charnues, ce sont les feuilles qui, chez ces végétaux, présentent le plus grand développement et la carnosité la plus prononcée. Cette carnosité, ainsi que l'ont établi mes recherches, est, sinon dé-

(1) Grisebach : *La végétation du globe*, t. I, p. 437.

terminée, tout au moins favorisée par la présence d'acides organiques qui, retenant l'eau et diminuant la transpiration des organes, en provoquent la turgescence.

Chez les Cactées tropicales, ce ne sont pas les feuilles, mais les tiges dont la structure est parenchymateuse. Les feuilles s'y développent, il est vrai, et leur production est accompagnée de l'apparition de poils et de piquants plus ou moins abondants à leurs points d'insertion. Mais ces feuilles, cylindriques ou cylindro-coniques, n'atteignent en général que quelques millimètres de longueur, se dessèchent et tombent, n'ayant rempli pendant leur éphémère existence qu'un rôle très secondaire. Leur transpiration trop active eût gêné le développement de la plante : celle-ci s'en débarrasse.

Mais par quels moyens les Cactées luttent-elles contre la température élevée de l'air extérieur dans leur pays d'origine ? Comment ne perdent-elles pas rapidement l'eau qui imprègne leurs tissus ? Elles le pourraient de deux manières : soit en absorbant en grande quantité la sève par leurs racines, soit en perdant peu de vapeur d'eau par la transpiration.

Or les racines des Cactées plongent généralement dans un sol à peu près sec, aride, n'y puisant que peu pour une pareille lutte. La transpiration est au contraire faible, grâce à l'épaisseur considérable des tissus et la forme sphérique ou cylindrique que présente la plante dont la surface est à peu près minimum pour un volume donné. En outre, le duvet plus ou moins fourni qui revêt les Cactées, une cuticule épidermique très épaisse, une formation hypodermique spéciale, des stomates peu nombreux, un faible développement de la chlorophylle localisée dans le tissu superficiel, réduisant la chlorovaporisation, s'opposent à une perte d'eau importante.

Ce ne sont pas, malgré tout, les moyens les plus efficaces employés par les Cactées pour lutter avec avantage contre la transpiration. Ces plantes possèdent peu d'acides organiques ; mais il faut remarquer qu'elles sécrètent des principes qu'on ne rencontre pas chez les végétaux charnus des régions tempérées, à savoir des *gommes* abondantes, amassées dans des la-

cunes et des canaux nombreux qui aboutissent dans la région hypodermique. *Les gommes absorbent et retiennent énergiquement l'eau.*

Ainsi, malgré le désavantage de leurs stations, les Cactées sont puissamment armées pour la lutte contre les ardeurs du soleil.

Il n'en est pas de même pour les Crassulacées dans nos régions, lorsque ces plantes ont à subir les fortes chaleurs de l'été.

A cette époque, les Crassulacées perdent souvent leurs tiges aériennes et leurs feuilles et se réduisent à des rhizomes courant à une profondeur variable dans la terre. La destruction de leurs acides organiques (acide malique) à 35 ou 40° entraîne une diminution de leur turgescence, suivie plus ou moins rapidement d'une dessiccation des organes les plus exposés.

Les Crassulacées qui vivent depuis longtemps dans les pays chauds ont conformé les diverses phases de leur période végétative aux conditions du milieu dans lequel elles vivent. Puisque leurs parties aériennes disparaissent en général au plus fort de l'été, ces plantes fleurissent et fructifient avant la saison sèche, assurant ainsi leur reproduction par graines.

M. Trabut a bien voulu me fournir à ce sujet, pour les Crassulacées d'Algérie et leur mode d'existence, de précieux renseignements dont je tiens à le remercier ici.

Les Crassulacées annuelles de l'Algérie fleurissent et fructifient surtout au mois de mai et meurent ensuite. Les espèces vivaces habitent plutôt les montagnes et fleurissent d'autant plus tard qu'on les rencontre à une altitude plus élevée. Quelques-unes de ces espèces forment des réserves dans des souches tubéreuses qui produiront ultérieurement des sujets aériens chargés de la reproduction.

En hiver, les Crassulacées résistent aux froids grâce à la faible longueur des tiges aériennes et de leurs entre-nœuds; les feuilles, pressées les unes sur les autres, se préservent mutuellement contre le rayonnement. Dans les rosettes comme celles des Joubarbes, les feuilles les plus extérieures recouvrent complètement les autres, se dessèchent parfois et forment un revêtement protecteur pour la partie centrale de la rosette.

Au printemps, dès les premiers beaux jours, les rosettes s'épanouissent et donnent souvent lieu à des tiges florales chargées de la reproduction, en même temps que des stolons nombreux, émanant de l'aisselle des feuilles, viennent s'appliquer sur le sol et donner naissance à de nouvelles rosettes.

La multiplication des Crassulacées est donc assurée à la fois par graines et par marcottes.

Chez les Cactées, la multiplication par graines est rare; c'est surtout par bouture que ces plantes se propagent. Des raquettes se détachant tombent sur le sol, y peuvent rester plusieurs mois sans autre modification qu'une perte d'eau. A l'époque des pluies, elles absorbent de l'eau, poussent des racines adventives en un point quelconque de leur surface (principalement à la cicatrice de base et aux points d'insertion des feuilles) et donnent une plante nouvelle.

2° *Utilisation de la lumière.* — La croissance des plantes grasses est lente, surtout chez les plus charnues. Les Crassulacées peuvent prospérer dans nos contrées grâce au peu d'épaisseur de leur épiderme qui se laisse facilement pénétrer par la lumière diffuse. Les échanges gazeux des représentants les moins charnus de cette famille sont assez comparables, comme intensité, dans nos pays, à ceux des plantes ordinaires, et la croissance de ces plantes est loin d'être négligeable, surtout dans un milieu humide. Il n'en est pas ainsi des plantes très charnues, telles que la plupart des Cactées, dont la respiration est moins active et l'assimilation plus faible que celles des végétaux ordinaires.

Les plantes grasses, qui mettent en réserve de l'oxygène sous la forme d'acides organiques pendant la nuit, en dégagent la plus grande partie sous l'influence des radiations calorifiques et lumineuses agissant simultanément. Ce dégagement d'oxygène a pour effet de drainer l'acide carbonique produit par la respiration du parenchyme profond dans les lacunes duquel il ne peut s'accumuler.

L'acide carbonique, émis en quantité assez faible, par la res-

piration des Cactées, est totalement décomposé sous l'influence d'une *lumière très vive*, par le parenchyme superficiel, le seul chlorophyllien. Les Cactées peuvent même dans ce cas, puiser de l'acide carbonique dans l'air extérieur, et décomposer ce gaz bien que leur surface de contact avec l'atmosphère soit restreinte et qu'elles soient souvent pourvues de piquants et d'un duvet qui constituent autant d'obstacles à leurs échanges gazeux. Mais si l'intensité lumineuse est trop faible, les végétaux charnus dégagent souvent à la fois de l'oxygène et de l'acide carbonique, et par suite dépérissent.

Nous comprenons ainsi pourquoi les Cactées se sont acclimatées dans la zone équatoriale où la lumière est assez intense pour provoquer, même à travers leur épaisse cuticule, une assimilation réelle dans les couches superficielles de leur parenchyme.

3° *Influence de l'humidité sur la croissance des plantes grasses.* — Étant donnée la faible proportion de substance sèche que renferment les plantes grasses, ces végétaux peuvent atteindre de grandes dimensions sans avoir besoin d'assimiler beaucoup de carbone, pourvu qu'ils aient de l'eau en quantité suffisante à leur disposition. Si dans les terrains secs, exposés au vif soleil dans les pays chauds, on rencontre beaucoup d'espèces charnues, et surtout des Cactées, c'est parce que seules elles sont capables de lutter avec succès contre la transpiration ; mais alors elles souffrent malgré tout dans leur développement. Au contraire, elles manifesteront une surprenante activité vitale quand on les exposera, à une vive lumière, dans un milieu humide *sans stagnation des eaux*. En quelques jours, une raquette produira de beaux et nombreux rejetons. J'ai obtenu de semblables résultats à la Sorbonne pendant l'été de 1891 où, sous l'influence d'une température de 20 à 35°, l'atmosphère ayant été maintenue humide sans saturation, de grandes raquettes d'*Opuntia* divers, des *Phyllocactus* et des *Pereskia* se sont admirablement développés et multipliés. Dans l'espace de 15 à 20 jours, de grands *Opuntia robusta* et *maxima* ont produit des raquettes pesant de 120 à 150 grammes.

Quoi qu'on en ait pu dire, l'*humidité non exagérée* n'est pas nuisible aux Cactées, car dans l'atmosphère elle augmente la perméabilité de leur épiderme dont elle empêche la dessiccation, et dans le *sol bien aéré* elle favorise le développement des racines qui y prennent d'énormes proportions. La turgescence de ces organes est surprenante dans de telles conditions : quand on vient à les blesser, il s'en écoule une sève que les voyageurs des pays chauds ont souvent appréciée et utilisée pour étancher leur soif.

En résumé, les plantes grasses occupent, sur la surface du globe, des régions de conditions climatériques excessivement variées. Elles ont subi, dans leur répartition, une véritable sélection déterminée par leur forme générale, leur structure anatomique et leurs propriétés physiologiques. Dans la plupart des cas, elles luttent avec avantage contre la sécheresse par la réduction de leur surface, leur forme affaissée et la production soit de gommes, soit d'acides organiques qui provoquent et entretiennent leur turgescence. La lumière les pénétrant plus difficilement, en raison de leur carnosité, les plus épaisses se sont acclimatées dans les régions tropicales où elles peuvent recevoir à peu près verticalement les rayons du soleil; les autres ont élu domicile dans les zones tempérées et s'élèvent même dans des régions de haute altitude où, l'atmosphère devenant plus pure, plus transparente, la lumière est assez intense pour favoriser l'assimilation chlorophyllienne.

En terminant l'exposé de mes recherches sur les plantes grasses, je suis heureux de témoigner à mon cher Maître, M. Gaston Bonnier, Professeur de Botanique à la Sorbonne, ma reconnaissance la plus profonde pour la large hospitalité qu'il m'a accordée dans son laboratoire de Physiologie végétale, pour sa bienveillante direction et les conseils qu'il m'a prodigués au cours de mes travaux.

Explication de la planche 8.

Appareil pour étudier les échanges gazeux des plantes grasses.

Cet appareil a été employé pour suivre les modifications qu'éprouve l'air confiné dans l'éprouvette A, de la part d'une raquette de Cactée exposée à la lumière.

A, Éprouvette plate à pied contenant la raquette en expérience. Cette éprouvette est fermée par un bouchon de liège B, surmonté d'une couche de mastic Golaz fondu ; au-dessus du mastic est une couche de mercure.

Le bouchon B est traversé par les tiges des thermomètres T et T' et par les extrémités de trois tubes M', L et D'.

T, Thermomètre dont le réservoir plonge dans l'air de l'éprouvette. T', thermomètre sensible au $\frac{1}{20}$ de degré, dont le réservoir s'enfonce profondément dans la raquette. M, manomètre à mercure. D' D D'' tube capillaire pouvant faire communiquer l'éprouvette A par l'intermédiaire du robinet à trois voies R, soit avec l'air extérieur en D^IV D''', soit avec un appareil EF qui sert à brasser le gaz confiné en A.

LK, Tube capillaire avec robinet *r*, faisant communiquer l'éprouvette A avec l'appareil à prises I H G.

L'appareil I H G se compose d'une ampoule de verre H, pleine de mercure, communiquant :

Par le tube coudé et capillaire K L (à robinet *r*) avec l'éprouvette A ;

Par le tube droit O (à robinet *r'*) avec la cuvette à mercure G ;

Par un tube droit inférieur et un caoutchouc épais, avec le réservoir mobile I à mercure.

Cet appareil permet de puiser en A une très faible quantité de gaz qu'on recueille en O dans un petit tube plein de mercure et reposant sur la cuvette G.

S, Support de l'appareil à prises de gaz. P, P', tubes de caoutchouc amenant un fort courant d'eau sur l'éprouvette A pendant l'expérience.

REVUE DES TRAVAUX

SUR LA CLASSIFICATION

ET LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DES PLANTES VASCULAIRES DE LA FRANCE

PUBLIÉS EN 1888 ET 1889 (*Fin*).

12° *Région méditerranéenne.*

La flore des environs de Carcassonne, tout en possédant un grand nombre d'espèces franchement méditerranéennes, compte également beaucoup d'éléments appartenant à la flore du sud-ouest. La chose est facile à comprendre vu la situation de Carcassonne aux confins de la région méditerranéenne, dans la dépression intermédiaire entre les Corbières et la Montagne Noire, par laquelle le canal du Midi fait communiquer le bassin de la Garonne avec celui de la Méditerranée. M. BAICHÈRE (1) a dressé la statistique de la flore de Carcassonne ; elle comprend environ 800 espèces phanérogames. En parcourant les listes on peut facilement se rendre compte du mélange des deux flores. D'ailleurs M. Baichère répartit de la manière suivante les espèces des environs de Carcassonne : 200 appartiennent à la région méditerranéenne; 250 sans être méditerranéennes, sont peu communes dans presque toute la France; 350, enfin, sont ubiquistes.

Deux autres brochures de M. BAICHÈRE (2) ont pour objet l'étude du versant méridional de la Montagne Noire; elles offrent un grand intérêt, car elles permettent de tracer sur ce versant les limites de la flore méditerranéenne. Les plantes méditerranéennes n'y sont pas réparties d'une manière uniforme, leur nombre devient de plus en plus grand à mesure qu'on s'avance de l'ouest vers l'est dans la direction de Narbonne, c'est-à-dire selon que l'on considère des localités plus ou moins occidentales. D'autre part la nature du sol exerce sur la répartition de ces espèces une influence qui prime les conditions d'altitude; c'est ainsi que certaines espèces indifférentes dans la plaine à la nature chimique du terrain ne dépassent pas

(1) Ed. Baichère : *Note sur la végétation des environs de Carcassonne* (Bull. Soc. bot. de France, 1888, Session extraordinaire, p. XXVIII).

(2) Ed. Baichère : *Herborisation dans le Cabardès et le Minervois* (*versant méridional de la Montagne Noire, Aude*). (Ibid. p. I). — *Un coin du Minervois. Exploration botanique des environs de Caunes* (*Aude*), *versant méridional de la Montagne Noire* (Bull. Soc. d'études scientifiques de Paris, 1889).

300 mètres sur le granite tandis qu'elles abondent sur le calcaire jusqu'à 630 mètres.

M. Baichère divise le versant méridional de la Montagne Noire en trois régions. La première ou montagneuse, d'une altitude moyenne de 750 mètres, est granitique à sa partie supérieure et formée de schistes siluriens à la base. La partie granitique possède une flore exclusivement montagnarde; sur les schistes inférieurs, au contraire, la fusion commence à se faire entre la végétation montagnarde et la flore méditerranéenne. Les deux autres régions, moyenne et inférieure, sont l'une calcaire, l'autre aréno-argileuse; la première a une altitude qui varie entre 200 et 500 mètres; la seconde, dont le point culminant atteint 213 mètres, n'est autre que la plaine entrecoupée de petits coteaux qui s'étend depuis la base de la montagne jusqu'à la rive gauche du Fresquel et de l'Aude. La végétation de ces deux régions est franchement méditerranéenne; avec l'Olivier, le Chêne-vert, le Chêne Kermès et le Buis, on y trouve comme espèces dominantes: *Brachypodium ramosum*, *Ægilops ovata*, *Lavandula latifolia*, *Thymus vulgaris*, *Delphinium pubescens*, *Diplotaxis erucoides*, *Anacyclus clavatus*, etc.

M. Baichère n'a exploré sur le versant méridional de la Montagne Noire que le Cabardès et le Minervois; il y a trouvé 1340 espèces, dont 112 n'avaient encore été signalées sur aucun point du versant. Une localité du Minervois, Caunes, paraît absolument privilégiée; M. Baichère a récolté dans ses environs immédiats 970 espèces, dont 500 environ spéciales à la région méditerranéenne. « C'est un chiffre élevé, ajoute l'auteur, quand on réfléchit qu'on est là bien près de la limite de la culture de l'Olivier », et c'est « en tout cas le point du versant méridional de la Montagne Noire le plus riche en espèces méditerranéennes ».

Dans les notes qui précèdent, la flore méditerranéenne n'est envisagée qu'au point de vue de ses relations avec celles du sud-ouest et des régions montagneuses voisines; le travail que nous allons maintenant analyser étudie la région méditerranéenne dans presque tout son ensemble et donne la physionomie générale de sa végétation.

Nous voulons parler des trois études remarquables sur la flore des garigues, de la plaine et des bois siliceux de la région méditerranéenne, que M. Flahault (1) a publiées pendant les années 1888 et 1889 sous ce titre modeste: « Les herborisations aux environs de Montpellier ».

Les *garigues*, c'est-à-dire, dit M. Flahault, les collines calcaires au sol aride, rocailleux et mouvementé, sont, comme on le sait, très répandues dans la région méditerranéenne à laquelle elles donnent, au premier abord par suite de l'absence presque complète d'arbres, un aspect triste et dévasté. « Quelle variété pourtant et quelle richesse sous cette apparente pauvreté! Toute la flore propre au Midi trouve là sa place; chaque espèce s'y développe et s'y épanouit, non pas, comme dans le Nord en quelques semaines, mais depuis les premiers beaux jours de janvier jusqu'aux frimas

(1) Ch. Flahault : *Les herborisations aux environs de Montpellier* (Journal de Botanique, 1888, p. 34 et 97, 1889, p. 213).

de la Noël. » Huit cents espèces environ sont répandues sur les garigues. Les espèces ligneuses les plus fréquentes sont, par ordre d'abondance :

Quercus Ilex,
Quercus coccifera,
Cistus monspeliensis,
Genista Scorpius,
Thymus vulgaris,
Dorycnium suffruticosum,
Cistus albidus,
Lavandula latifolia,
Smilax aspera,
Phillyrea angustifolia,
Daphne Gnidium,
Pistacia Terebinthus,
Rosmarinus officinalis,
Juniperus Oxycedrus,
Lonicera implexa.

Les plantes bulbeuses ou tuberculeuses sont d'autant plus nombreuses que le climat est plus chaud; déjà abondantes dans les garigues du Bas-Languedoc, elles deviennent beaucoup plus nombreuses dans le Roussillon. Les plantes herbacées sont surtout représentées par les Graminées, les Composées, les Papilionacées, les Labiées et les Euphorbiacées. De plus les Jasminées (*Jasminium fruticans*), diverses Asparaginées (*Smilax aspera*, *Asparagus acutifolius*), les Cistes, la Vigne, les Coriariées, les Térébinthacées, c'est-à-dire des types inconnus dans l'Europe centrale, apparaissent dans les garigues et viennent aussi en caractériser la flore.

Dans sa seconde étude, M. Flahault, après avoir tracé le riant tableau de la végétation de *la plaine méditerranéenne au premier printemps*, donne quelques listes dont nous ne saurions trop recommander la lecture. La première de ces listes énumère 75 espèces communes aux environs de Paris qui font complètement défaut aux environs de Montpellier et dans presque toute la plaine de la Méditerranée. Citons entre autres :

Anemone nemorosa,
Caltha palustris,
Sagina procumbens,
Geranium Robertianum,
Rhamnus Frangula,
Sarothamnus scoparius,
Ulex europæus,
Spiræa Ulmaria,
Potentilla Fragaria,
Heracleum Sphondylium,
Viscum album,
Myosotis palustris,
Linaria vulgaris,
Lamium album,
Campanula rotundifolia,
Cirsium palustre,
Cirsium acaule,
Matricaria inodora,
Chenopodium Bonus-Henricus,
Fagus silvatica,
Quercus pedunculata,
Convallaria maialis,
Orchis maculata,
Polystichum Filix-mas.

Une seconde liste est consacrée à des espèces qui dans le Nord foisonnent dans les stations les plus diverses et qui dans le Midi ne se rencontrent qu'au voisinage des eaux. Mais comme « il ne faudrait pas croire pourtant que la disparition de tant de plantes communes dans les pays plus froids ne soit pas compensée dans la région de l'Olivier par la présence de beaucoup d'espèces qui font défaut au nord de cette région », M. Flahault cite la longue série des espèces méridionales vulgaires qui sont inconnues dans le Nord ou y sont à peine représentées.

Les *bois siliceux* occupent relativement peu d'étendue dans la plaine méditerranéenne. Quel que soit l'état physique de la roche siliceuse, ils présentent toujours certains caractères communs de végétation. « Les arbrisseaux en sont beaucoup plus caractéristiques que les espèces arborescentes. Les Cistes y tiennent la plus grande place ; les Bruyères (*Erica arborea*, *scoparia*, *cinerea*, *Calluna vulgaris*) et le *Lavandula Stæchas* ne leur cèdent guère en importance. Les *Calycotome spinosa*, *Ulex parviflorus*, *Genista candicans*, et parmi les Cistes, les *Cistus cripus*, *C. ladaniferus*, *C. laurifolius*, *C. populifolius*, *C. nigricans*, ne se trouvent pas partout, mais on ne les rencontre jamais en dehors des bois siliceux. » L'espèce dominante est le Pin maritime; le Châtaignier s'y rencontre aussi, mais il ne prospère pas à l'état isolé et s'il est associé au Pin maritime il est toujours dominé par ce dernier. Un certain nombre d'espèces herbacées sont aussi exclusivement localisées dans les bois siliceux ; M. Flahault en donne également la liste. Il termine par une rapide revision des localités siliceuses les plus intéressantes.

Au cours de la session extraordinaire de la Société botanique de France à Narbonne, deux herborisations ont été faites au Pech-de-l'Agnèle et aux Pinèdes de Boutenac, localités fort intéressantes pour l'étude de la flore méditerranéenne. Les rapports de ces herborisations ont été rédigés par M. Gautier (1).

La localité du Pech-de-l'Agnèle, près de Narbonne, était déjà bien connue; les membres de la Société y ont recueilli sur les coteaux dolomitiques plus de 200 espèces représentant, pour la plupart, le fond de la végétation méditerranéenne. On y a trouvé de plus une espèce aragonaise, non encore signalée en France, l'*Orobanche Santolinæ* Losc. et Pard. parasite sur le *Santolina Chamæcyparissus*. Cette rare Orobanche, ajoute M. Gautier, croît aussi dans les Corbières aux environs de Caramany (Pyrénées-Orientales).

Les Pinèdes de Boutenac situées à 18 kilomètres de Narbonne sont des collines arrondies et stériles, généralement siliceuses et couvertes de Pins maritimes, où se donnent rendez-vous, comme dans la localité classique de Fontfroide, presque tous les Cistes de France. On y a recueilli, en effet, les espèces ou hybrides qui suivent :

Cistus albidus,
C. monspeliensis,
C. crispus,
C. salvifolius,
C. populifolius,
C. corbariensis,
C. laurifolius,
C. nigricans,
C. crispo × albidus,
C. albido × crispus,
C. salvifolio × monspeliensis,
C. longifolio × salvifolius,
C. Ledon (*C. laurifolio × monspeliensis*).

(1) G. Gautier : *Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 9 juin, au Pech-de-l'Agnèle. — Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 11 juin, aux Pinèdes de Boutenac* (Bull. Soc. bot. de France, 1888, session extraordinaire, p. LXXVI et LXXXIII).

Les Cistes, comme on le sait, sont exclusivement silicicoles, sauf les *Cistus monspeliensis*, *albidus* et *salvifolius* qui croissent indifféremment sur la silice, le calcaire ou la dolomie; le sol des Pinèdes de Boutenac étant presque exclusivement constitué de grès siliceux, les Cistes précédemment cités poussaient naturellement à côté d'autres espèces également caractéristiques des terrains siliceux, telles que :

Lavandula Stæchas,
Genista Scorpius,
Calycotome spinosa,
Erica cinerea,
Erica scoparia,
Briza maxima,
Jasione montana.

Cependant sur un point où apparaît le calcaire jurassique le contraste entre les deux flores silicicole et calcicole devient frappant; les plantes silicicoles disparaissent complètement et sont remplacées par des espèces calcicoles, comme :

Erodium petræum,
Alyssum spinosum,
Laserpitium gallicum,
Silene italica,
Antirrhinum majus,
Dianthus virgineus,
Bupleurum fruticosum,
Sedum dasyphyllum,
Lactuca viminea, etc.

Plusieurs points de la portion Sud-Ouest du littoral méditerranéen ont été également explorés avec soin par les membres de la Société botanique de France réunis à Narbonne. Cette fois encore M. Gautier (1) a rédigé les comptes rendus de ces diverses excursions aux îles de Laute et de Sainte-Lucie, à la Font-Estramer et aux sidrières de Fitou et de Leucate.

L'île de Laute, d'une superficie de 50 hectares environ, est située dans l'étang de Bages. A l'est, sa rive est plate et ne présente que des plantes maritimes assez géneralement répandues sur le littoral de l'Océan et de la Méditerranée; mais bientôt le sol s'élève en amphithéâtre et se termine brusquement par des falaises abruptes et ravinées élevées d'environ 40 mètres au-dessus des eaux de l'étang. Sans parler d'une foule d'espèces souvent fort rares, recueillies sur le plateau, on trouve localisées dans les falaises :

Polygala rupestris,
Heydysarum pallens,
Scorzonera coronopifolia,
Euphorbia flavicoma,
Melandrium macrocarpum,
Erodium littoreum,
Bulbocastanum incrassatum,
Orobanche fuliginosa (sur *Senecio Cineraria*),

espèces également très rares ou même nouvelles pour la flore française.

(1) G. Gautier : *Rapport sur l'herborisation faite par la Société le 10 juin, aux îles de Laute et de Sainte-Lucie. — Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 13 juin, à la Font-Estramer. — Rapport sur l'herborisation faite par la Société, le 14 juin, aux Sidrières de Fitou et de Leucate* (Bull. Soc. bot. de France, 1888, session extraordinaire, p. LXXIX, XCVIII et CIII).

L'île Sainte-Lucie est une localité classique dont la flore est déjà bien connue; les membres de la Société botanique y ont cependant récolté une dizaine d'espèces qui n'y avaient pas encore été signalées, entre autres : *Cytinus kermesinus, Astragalus Stella, Anthyllis tetraphylla, Melandrium macrocarpum, Narcissus niveus*.

La Font-Estramer, entre Salces et Fitou, est une source minérale très peu salée, arrosant une fontaine et des marais voisins. Sur les bords du bassin et dans les prairies abondent les *Phragmites gigantea* et *Cyperus distachyos*, tandis que sur les rochers voisins on trouve les *Theligonum Cynocrambe*, *Parietaria lusitanica* et *Alkanna lutea*. A peu de distance de la Font-Estramer est la source de Font-Dame. Dans les prairies saumâtres qu'elle arrose, on peut recueillir un certain nombre de plantes halophiles, telles que :

Plantago crassifolia,
Althæa officinalis,
Tetragonolobus siliquosus, var. *maritimus*,
Apium graveolens,
Aster Tripolium,
Sagina maritima.

Les sidrières de Fitou et de Leucate avaient déjà été explorées minutieusement; les membres de la Société botanique de France n'y ont guère revu que des espèces déjà signalées. Le compte rendu de cette excursion se termine par la liste des espèces caractéristiques de la plage et des falaises de Leucate.

Quelques autres notes ont encore été publiées sur la flore du littoral de la Méditerranée. Citons d'abord quelques rectifications faites aux précédents rapports par M. Le Grand (1). D'après cet auteur la découverte du *Cyperus distachyos* attribuée à Warion par M. Gautier avait déjà été faite par lui dès 1862. A cette même date il avait également récolté sur les coteaux de Salces, les *Anthyllis cytisoides*, *Alkanna lutea* et *Bupleurum glaucum*.

Selon M. Rouy (2), le *Centaurea dracunculifolia* Duf. qui n'avait jusqu'ici été signalé que dans la province de Valence, a été recueilli par M. Guillon dans les sables de Rivesaltes. Les membres de la Société botanique de France ont retrouvé cette plante dans leur excursion à la Font-Estramer.

Les membres de la Société d'études scientifiques de l'Aude, après une excursion à l'île Sainte-Lucie dont la végétation si bien connue ne peut plus guère fournir de surprises aux botanistes, ont exploré les marais et les falaises de la Franqui; les plantes les plus intéressantes trouvées dans cette herborisation, sont, d'après le compte rendu de M. Respaud, (3) les *Statice globulariæfolia*, *Pancratium maritimum* et *Heliotropium curassivicum*, plante de l'Amérique du Sud aujourd'hui complètement naturalisée sur le littoral méditerranéen.

Enfin, dans une lettre adressée à la Société botanique de France, M. Bat-

(1) Ant. Le Grand : *Notes sur Cyperus distachyos et quelques autres espèces des Corbières* (Bull. Soc. bot. de France, 1889, p. 157).
(2) G. Rouy : *Notes sur la géographie botanique de l'Europe* (Ibid. 1888, p. 32).
(3) A. Respaud : *Rapport sur l'excursion faite par la Société, le 25 juillet 1889, à l'île Sainte-Lucie et à la Franqui* (Bull. Soc. d'études scientifiques de l'Aude, 1889).

TANDIER (1) annonce la découverte dans l'herbier de M. Allard, du *Lotus drepanocarpos* récolté à Carqueirane près Hyères; à ce propos M. LUIZET (2) annonce qu'il a récolté cette espèce sur la route de la Corniche à Marseille et qu'elle lui a paru y présenter tous les caractères d'une plante spontanée.

Le Catalogue des plantes de Provence publié par M. EDM. HUET (3) n'est qu'une simple liste d'un herbier considérable des départements du Var, des Bouches-du-Rhône et des Alpes-Maritimes. Comme on le trouve indiqué dans le titre, de nombreux botanistes ont contribué à créer ou à enrichir cet herbier. Le Catalogue énumère plus de 3 400 espèces ou sous-espèces, ainsi que les diverses localités où elles ont été recueillies. Malgré les imperfections d'une semblable publication on comprend aisément quelle peut être son importance pour l'étude de la flore provençale.

Des essais pour cultiver en plein air les végétaux exotiques ont été entrepris à Lodève par M. J. VALLOT (4), qui avait choisi pour ces expériences un terrain très arbité, disposé en amphithéâtre, à l'exposition du sud-est. Les sujets plantés en 1886 n'ont pas été abrités l'hiver, à l'exception de quelques-uns qui ont été entourés en automne d'un pavillon léger. L'hiver exceptionnellement froid de 1886-87 a eu sur eux les effets suivants :

Sur 15 espèces de Palmiers mis en culture, 10 ont résisté parfaitement au froid, 2 ont été plus ou moins éprouvées et les 3 autres ont été tuées;

Sur 14 plantes grasses, 10 n'ont point souffert du froid, 1 a été gelée en partie et 3 autres complètement tuées;

Sur 13 plantes de serre, 6 ont résisté, 4 ont été quelque peu éprouvées et 3 sont mortes ;

Sur 11 espèces d'Eucalyptus, 3 n'ont nullement souffert, 6 ont un peu souffert sans cependant perdre leurs feuilles et 2 autres ont été tuées;

Sur 23 autres espèces d'arbres et d'arbustes, 15 ont résisté et 8 sont mortes;

Enfin le froid n'a eu aucune action sur 6 autres espèces diverses, tandis qu'il en a éprouvé ou tué 3 autres.

Pendant un mois de séjour en Corse, M. FLICHE (5) a trouvé un certain nombre d'espèces non encore signalées dans cette île. Détail intéressant à

(1) Battandier : Bull. Soc. bot. de France, 1888, p. 61.

(2) Luizet : (Ibid.).

(3) Ed. Huet : *Catalogue des plantes de Provence. Résultat des herborisations faites pendant plus de dix années dans les départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes, par MM. Shuttleworth, A. Huet et Jacquin, Hanry, complété par les recherches de MM. Thuret, Canut, H. Roux, Blaize, Authemann, Albert, Goaty, Consolat, etc., dans les mêmes départements.* Pamiers, 1889.

(4) J. Vallot : *Essais d'acclimatation de plantes exotiques, à Lodève (Hérault)* (Annales de la Soc. d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault, 1888).

(5) P. Fliche : *Notes sur la flore de la Corse* (Bull. Soc. bot. de France, 1889, p. 356).

faire ressortir, ce sont pour la plupart des espèces communes dans le Nord de la France. Citons entre autres :

Helianthemum vulgare,
Viola hirta,
Coronilla Scorpioides.
Rosa canina,
Salix nigricans,
Juniperus communis,
Orchis latifolia,
Equisetum arvense.

M. Fliche signale en outre près de 150 localités nouvelles, soit d'espèces absolument méditerranéennes, soit au contraire de plantes plus septentrionales très rares dans la région méditerranéenne. Les espèces ligneuses citées, une quarantaine environ, sont souvent accompagnées d'intéressantes remarques sur leur distribution géographique, leur spontanéité et les caractères particuliers qu'elles présentent en Corse. Au sujet de l'influence chimique du sol, l'auteur fait remarquer que l'*Asplenium septentrionale* peut en Corse comme dans l'Hérault, descendre dans la région chaude à condition d'y trouver des roches non calcaires.

A. MASCLEF.

TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

Sur les variations du *Quercus Mirbeckii* Durieu, en Algérie, par M. L. Trabut (avec trois planches, Pl. 1, 2 et 3). 1
Sur l'adaptation du *Pteris aquilina* aux sols calcaires, par M. A. Masclef. 7
Observation sur le développement de l'inflorescence mâle du Noyer, par M. William Russell. 18
Recherches physiologiques sur les Lichens, par M. Henri Jumelle (avec trois planches, Pl. 4, 5 et 6).
I. Introduction. 49
II. Les échanges gazeux entre les Lichens et l'atmosphère. 56, 103
III. Influence de la sécheresse et de l'humidité sur la vie des Lichens. 114, 159
IV. La vie des Lichens aux hautes températures. 170, 220, 259
V. La vie des Lichens aux basses températures. 266, 305
VI. Résumé général. 316
Sur l'analyse photographique des mouvements des végétaux, par MM. Dewèvre et E. Bordage (avec cinq figures dans le texte). 65
Sur les tubercules des Équisétacées, par M. Leclerc du Sablon (avec six figures dans le texte). 97
Contribution à l'étude des relations entre les plantes et les insectes, par M. A. Prunet. 145
Sur quelques plantes d'Espagne récoltées par M. E. Reverchon. Note de M. J. Hervier (avec une planche, Pl. 7). 151
Note sur la reviviscence des plantules desséchées, par M. Gaston Bonnier. 193
Recherches sur la respiration et l'assimilation des plantes

grasses, par M. E. Aubert (avec 4 figures dans le texte et une planche, Pl. 8).
I. Introduction et Historique. 203
II. Respiration des plantes grasses 214, 273, 321, 337, 373
III. Assimilation chlorophyllienne des plantes grasses. 286, 421, 497
IV. Conclusions générales. 558
V. Considérations sur la répartition et le mode d'existence des plantes grasses à la surface du sol. 561
Études morphologiques sur le genre *Anemone* L., par M. Édouard de Janczewski (avec six planches, Pl. 10, 11, 12, 13, 14 et 15). 241
I. Fruit et graine. 243
II. Germination. 289
Description d'une Liliacée exotique peu connue, le *Cohnia flabelliformis*, par M. J. Jacob de Cordemoy. 369
Recherches sur la môle, maladie du Champignon de couche, par MM. J. Costantin et L. Dufour (avec quatre planches, Pl. 16, 17, 18 et 19). 401
I. Étude de la maladie. 404, 462
II. Extension de la maladie dans les carrières. . . 549
L'atropine est-elle un engrais végétal ? par M. Henry de Varigny. 407
Nouvelles études sur le *Lachnidium acridiorum* Gd., Champignon parasite du Criquet pélerin, par M. A. Giard (avec une planche, Pl. 9). 449
Sur une maladie du Platane, par M. Leclerc du Sablon (avec une planche, Pl. 20). 473
Recherches physiologiques sur les feuilles développées à l'ombre et au soleil, par M. L. Géneau de Lamarlière (avec une planche, Pl. 21). 481, 529
Recherches expérimentales sur les variations de pression dans la Sensitive, par M. Gaston Bonnier (avec deux planches, Pl. 22 et 23) 513
Transformation des cônes de Pins sous l'influence des vagues, par M. W. Russell (avec 3 figures dans le texte). 545

TABLE DES REVUES

DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Revue des travaux de physiologie et chimie végétales parus d'avril 1890 à juin 1891, par M. Henri Jumelle (fin). . . . 22

Revue des travaux sur la description et la géographie des Lichens publiés en 1890, par M. Hue. 31

Revue des travaux d'anatomie végétale parus de juillet 1890 à décembre 1891, par M. A. Prunet (avec 15 figures dans le texte).

I. *Anatomie de la cellule.*

1° Constitution de la cellule. 42
2° Multiplication cellulaire et fécondation. 44
3° Protoplasma 46, 79
4° Noyau 80
5° Éléments figurés. 81
6° Substances dissoutes 85
7° Membrane 90

II. *Anatomie des tissus et des organes.*

1° Tissus de protection et de soutien. 92
2° Lenticelles et stomates. 94
3° Poils et piquants. 95
4° Tissu conjonctif. 95
5° Faisceaux libéro-ligneux. 135
6° Bois. 135
7° Liber 136
8° Tissu sécréteur. 137
9° Racine. 140
10° Tige. 141
11° Feuille 142
12° Bourgeons 186
13° Fleurs 186
14° Fruit. 188
15° Graine. 189

16° Fécondation et embryogénie. 232
17° Germination et développement 237, 283
18° Croissance. 284
III. *Anatomie appliquée à la classification*. 284, 332, 354

Revue des travaux sur les Bactéries et les fermentations publiés pendant l'année 1890, par M. Léon Boutroux (avec 35 figures dans le texte). 122, 176

Revue des travaux sur la classification et la géographie botanique des plantes vasculaires de la France publiés en 1888 et 1889, par M. A. Masclef. (II. Géographie botanique).

1° Flore générale de la France. 392
2° Nord de la France. 394
3° Environs de Paris. 395
4° Normandie. 398
5° Bretagne. 442
6° Centre. 442
7° Côte-d'Or. 443
8° Plateau central. 444
9° Alpes. 503
10° Pyrénées et Corbières. 506
11° Sud-Ouest. 509
12° Région méditerranéenne. 569

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS LE TOME QUATRIÈME

Planche 1. *Quercus Mirbeckii* Dur.
— 2. *Quercus Mirbeckii* Dur.
— 3. *Quercus Mirbeckii* Dur.
— 4. Recherches physiologiques sur les Lichens.
— 5. Recherches physiologiques sur les Lichens.
— 6. Recherches physiologiques sur les Lichens.
— 7. *Alsine Paui* Willk.; *Saxifraga valentina* Willk. (1/4 de grandeur naturelle).
— 8. Appareil pour étudier les échanges gazeux des plantes grasses.
— 9. *Lachnidium acridiorum* Gd.
— 10 et 11. *Anemone* : fruit.
— 12 et 13. *Anemone* : fruit; germination.
— 14 et 15. *Anemone* : germination.
— 16. Recherches sur la môle.
— 17. Recherches sur la môle.
— 18. Recherches sur la môle.
— 19. Recherches sur la môle.
— 20. Maladie du Platane.
— 21. Appareil pour la transpiration des plantes.
— 22. Mouvements de la Sensitive sous l'influence de la dépression.
— 23. Variations de la pression dans la Sensitive.

TABLE DES ARTICLES ET DES REVUES

PAR NOMS D'AUTEURS

AUBERT (E.). Recherches sur la respiration et l'assimilation des plantes grasses. 203, 273, 320, 337, 373, 421, 497, 558

BONNIER (GASTON). Note sur la reviviscence des plantules desséchées. 193

— Recherches expérimentales sur les variations de pression dans la Sensitive. 513

BORDAGE (E.). (Voyez DEWÈVRE).

BOUTROUX (LÉON). Revue des travaux sur les Bactéries et les fermentations publiés pendant l'année 1890. . . . 122, 176

COSTANTIN (J.) et DUFOUR (L.). Recherches sur la môle, maladie du Champignon de couche. 401, 462, 549

DEWÈVRE et BORDAGE (E.). Sur l'analyse photographique des mouvements des végétaux. 65

DUFOUR (L.). (Voyez COSTANTIN).

GÉNEAU DE LAMARLIÈRE (L.). Recherches physiologiques sur les feuilles développées à l'ombre et au soleil. . . . 481, 529

GIARD (A.). Nouvelles études sur le *Lachnidium acridorium* Gd., Champignon parasite du Criquet pélerin. 449

HERVIER (J.). Sur quelques plantes d'Espagne récoltées par M. Reverchon. 151

HUE (A. M.). Revue des travaux sur la description et la géographie des Lichens publiés en 1890. 31

JACOB DE CORDEMOY (H.). Description d'une Liliacée exotique peu connue, le *Cohnia flabelliformis*. 369

JANCZEWSKI (ÉDOUARD DE). Études morphologiques sur le genre *Anemone*. 241, 289

JUMELLE (HENRI). Recherches physiologiques sur les Lichens. 49, 103, 159, 220, 259, 305

— Revue des travaux de physiologie et chimie végétales parus d'avril 1890 à juin 1891 (fin). 22

Leclerc du Sablon. Sur les tubercules des Équisétacées. . . 97
— Sur une maladie du Platane. 473
Masclef. (A.). Sur l'adaptation du *Pteris aquilina* aux sols calcaires. 7
— Revue des travaux sur la classification et la géographie botanique des plantes vasculaires de la France publiés en 1888 et 1889 (II. Géographie botanique). 392, 442, 503, 569
Prunet (A.). Contribution à l'étude des relations entre les plantes et les insectes. 145
— Revue des travaux d'anatomie végétale parus de juillet 1890 à décembre 1891. 41, 79, 135, 186, 231, 283, 332, 354
Russell (William). Observations sur le développement de l'inflorescence mâle du Noyer. 18
— Transformation des cônes de Pins sous l'influence des vagues. 545
Trabut (L.). Sur les variations du *Quercus Mirbeckii* Durieu, en Algérie. 1
Varigny (Henry de). L'atropine est-elle un engrais végétal ? 407

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS D'AUTEURS DONT LES TRAVAUX ONT ÉTÉ ANALYSÉS DANS LES REVUES DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Explication des signes : (*ph*) Revue des travaux de physiologie et chimie végétales; (*l*) Revue des travaux sur la description et la géographie des Lichens; (*a*) Revue des travaux d'anatomie végétale; (*b*) Revue des travaux sur les Bactéries et les fermentations; (*fr*) Revue des travaux sur la classification et la géographie botanique des plantes vasculaires de la France.

A

Altman (*a*) 44
Arbaumont (d') (*a*) 190
— et Viallanes (*fr*) 443
Archangeli (*a*) 142
Arnold (*l*) 33
Audigier (*fr*) 447

B

Baccarini (*a*) 138
Baichère (*fr*) 568
Battandier (*fr*) 575
Beauvisage (*a*)... 137, 188, 334, 337
Behrens (*a*) 91
Beille (*fr*) 444
Belajeff (*a*) 232
Belzung (*ph*) 23
— (*a*) 82, 84
Billiet (*fr*) 447
Bokorny (*a*) 79
Bonnier (*a*) 333, 363
— (*fr*) 392, 503, 505
Bordet (*a*) 354
Bourdette (*fr*) 506
Bourdot (*fr*) 446
Boutroux (*b*) 177
Bowers (*a*) 240
Brandza (*a*) 189, 362
Brebner et Scott (*a*) 285, 368
Bredow (*a*) 82
Briosi (*a*) 144
Brœmer (*ph*) 27
Buchenau (*a*) 334, 360
Burch (*a*) 366
Bureau (*fr*) 393
Burnat (*a*) 286
Büsgen (*a*) 360
Buysson (R. du) (*fr*) 446

C

Campbell (*a*) 237
Camus (*fr*) 396, 400
— et Duval (*fr*) 396
Candolle (C. de) (*a*) 144
Chabert (*fr*) 442
Chartier (*fr*) 400
Chastaingt (*fr*) 442
Chauveaud (*a*) 138
Chodat (*a*) 82, 84, 332, 334
Claudel (*a.*) 366
Clos (*a*) 238, 361

Copineau (*fr*) 508
Corbière (*fr*) 399
Correns (*a*) 92, 187
Coste (*fr*) 511
Crévelier (*fr*) 511

D

Dahmen (*a*) 191
Dangeard (*a*) 135, 356
Daniel (*ph*) 27
— (*a*) 141, 362
Devaux (*a*) 94
Douliot (*a*) 284
Dubourg et Gayon (*b*) 184
Duchartre (*a*) 239, 360, 361
Duffort (*fr*) 511
Duval et Camus (*fr*) 396

E

Eberdt (*a*) 83

F

Fernbach (*b*) 131, 133
Figdor (*a*) 363
Finselbach (*a*) 139, 332
Fischer (Hugo) (*a*) 187
Flahault (*fr*) 570
Fliche (*fr*) 575
Fox et Frankland (*b*) 185
Frankland et Fox (*b*) 185
Frémont (Mlle A.) (*a*) 137

G

Galissier et Giraudias (*fr*) 507
Garcin (*a*) 188, 361
Gautier (*fr*) 507, 508, 572, 573
Gay (*fr*) 446
Gayon et Dubourg (*b*) 184
Géneau de Lamarlière (*a*) 140
Gerassimoff (*a*) 80
Gessard (*b*) 130
Gibson (*a*) 90
Giesenbagen (*a*) 597
Gilg (*a*) 335
Giraudias (*fr*) 507
— et Galissier (*fr*) 507
Godon (*fr*) 394
Gœbel (*a*) 286
Gœthart (*a*) 186
Gonod d'Artemare (*fr*) 446
Gonse (*fr*) 395
Guignard (*ph*) 28
— (*a*) 45, 88, 89
Guillaud (*fr*) 509

H

Haberlandt (*ph*) 22
— (*a*) 88
Hansen (*b*) 127, 177, 183
Hansgirg (*a*) 187
Harmand (*l*) 32
Heckel (*a*) 238
Hegelmaier (*a*) 237
Hegler (*a*) 90
Heimer (*a*) 188
Heinricher (*a*) 238
Hellbom (*l*) 32
Henslow (*a*) 368
Herail (*a*) 137
Héribaud (*fr*) 446
Hildebrand (*a*) 360
Hirsch (*a*) 191
Holfert (*a*) 189
Holm (*a*) 237, 354, 364
Hovelacque (*a*) 286, 367
Hue (*l*) 31
Huet (*fr*) 575
Hy (*fr*) 393

I

Ivolas (*fr*) 447

J

Jännicke (*a*) 360
Jatta (*l*) 34
Jost (*a*) 141, 239

K

Kaiser (*a*)...................... 190
Keller (*a*)...................... 95
Kernstock (*l*)................... 33
Klebahn (*a*)..................... 94
Klein (*b*)................ 122, 125
Kny (*a*)............. 135, 136, 398
Koch (*a*)................ 240, 284
Korella (*a*)..................... 94
Krabbe (*a*)...................... 86
Küntze (*a*)...................... 332

L

Lamounette (*a*)................... 132
Lancélerée (*fr*)................. 400
Lange (*a*)....................... 80
Lanza (*a*)....................... 334
Laurent (*b*).......... 128, 179, 182
— et Schlœsing (fils) (*b*)... 179
Léger (*a*)....................... 139
Le Grand (*fr*)........... 442, 574
Leist (*a*)....................... 287
Le Jolis (*fr*)................... 399
Leod (*a*)........................ 187
— Staes et Van Eekaute (*a*). 238
Leonhard (*a*).................... 285
Lesage (*ph*)..................... 23
— (*a*)........................ 137
Lett (*l*)........................ 32
Lindau (*a*)...................... 189
Linossier et Roux (*b*)........... 185
Lœw (*a*)................. 187, 361
Lothelier (*a*)................... 95
Luizet (*fr*)........... 397, 398, 575

M

Macchiati (*a*)............... 89, 192
Malinvaud (*fr*).......... 396, 447
Marçais et Timbal-Lagrave (*fr*). 511
Masclef (*fr*).......... 394, 395, 396
Maury (*fr*)...................... 393
Mer (*a*)......................... 142
Mikosch (*ph*).................... 24
Mikosch (*a*)..................... 85
Miquel (*b*)...................... 176
Molisch (*a*)................. 85, 93
Moll (J. W.) (*a*)........... 81, 368
Mornet (*fr*)..................... 442
Müller (Carl) (*a*)........ 85, 91, 92
Muller (J.) (*l*)............. 35, 38
Muntz (*b*).................. 180, 182

N

Nickel (*ph*)..................... 27
Niel (*fr*)....................... 398
Nylander (*l*)............... 34, 38
Nyman (*fr*)...................... 392

O

Olivier (*fr*).................... 446

P

Parmentier (*a*).................. 287
Pée-Laby (*a*).................... 143
Penzig (*a*)...................... 362
Pfeffer (W.) (*a*)......... 46, 47, 367
Pfeiffer (A.) (*a*)............... 191
Pirotta (*a*)..................... 356
Poirault (*a*)............... 137, 357
Potter (*a*)...................... 287
Prazmowski (*b*).................. 124
Protits (*a*)..................... 288
Prunet (*a*).......... 141, 186, 365

Q

Quincke (*a*)..................... 47

R

Rauwenhoff (*a*).................. 283
Respaud (*fr*).................... 574
Revel (*fr*)...................... 511
Richard (*fr*).................... 443
Riomet (*fr*)..................... 395
Rodham (*a*)...................... 91

Rodier (*a*)........ 85
Rostowzew (*a*)........ 140
Roux (*b*)........ 126
— et Linossier (*b*)........ 185
Rouy (*fr*)........ 392, 507, 574
Roze (*fr*)........ 395, 398
Russell (*a*).. 135, 139, 143, 288, 334, 361

S

Saint-Lager (*fr*)........ 506
Sauvageau (*a*)........ 144
Schaar (*a*)........ 186
Schimper (*a*)........ 364
Schlœsing (fils) et Laurent (*b*).. 179
Schmidt (*a*)........ 334
Schumann (*a*)........ 365
Schwendener (*a*)........ 354
Scott (*a*)........ 285, 367
— et Brebner (*a*)........ 285, 368
Seligmann (*a*)........ 285
Simon (*a*)........ 287
Solereder (*a*)........ 137, 285
Solms-Laubach (de) (*a*)........ 356
Staes, Leod et Van Eekaute (*a*). 238
Steinbrinck (*a*)........ 366
Stenzel (*a*)........ 361
Stizenberger (*l*)........ 38

T

Thouvenin (*a*).... 80, 140, 287, 333
Timbal-Lagrave et Marçais (*fr*). 511
Treub (*a*)........ 233
chirch (*a*)........ 190

V

Vallot (J.)........ 575
Vandenberghe (*a*)........ 230
Van Eekaute, Leod et Staes (*a*). 238
Van Tieghem (*a*)... 46, 92, 95, 137, 288, 232, 355, 357
Verschaffelt (*a*)........ 192
Viallanes et d'Arbaumont (*fr*).. 443
Viaud-Grand-Marais (*fr*)........ 442
Volkens (*a*)........ 142
Von Wettstein (*a*)........ 187
Vries (Hugo de) (*a*). 238, 358, 359, 368
Vuillemin (*a*)........ 139, 288

W

Waage (*ph*)........ 25
— (*a*)........ 85
Wainio (*l*)........ 36, 37
Wakker (*a*)........ 85
Weiss (*a*)........ 94, 95, 143
Westermaier (*a*)........ 237
Wiesner (*a*)........ 41, 93
Willey (*l*)........ 31
Winogradsky (*b*)........ 180
Wojinowic (*a*)........ 365
Wortmann (*ph*)........ 23
— (*a*)........ 87

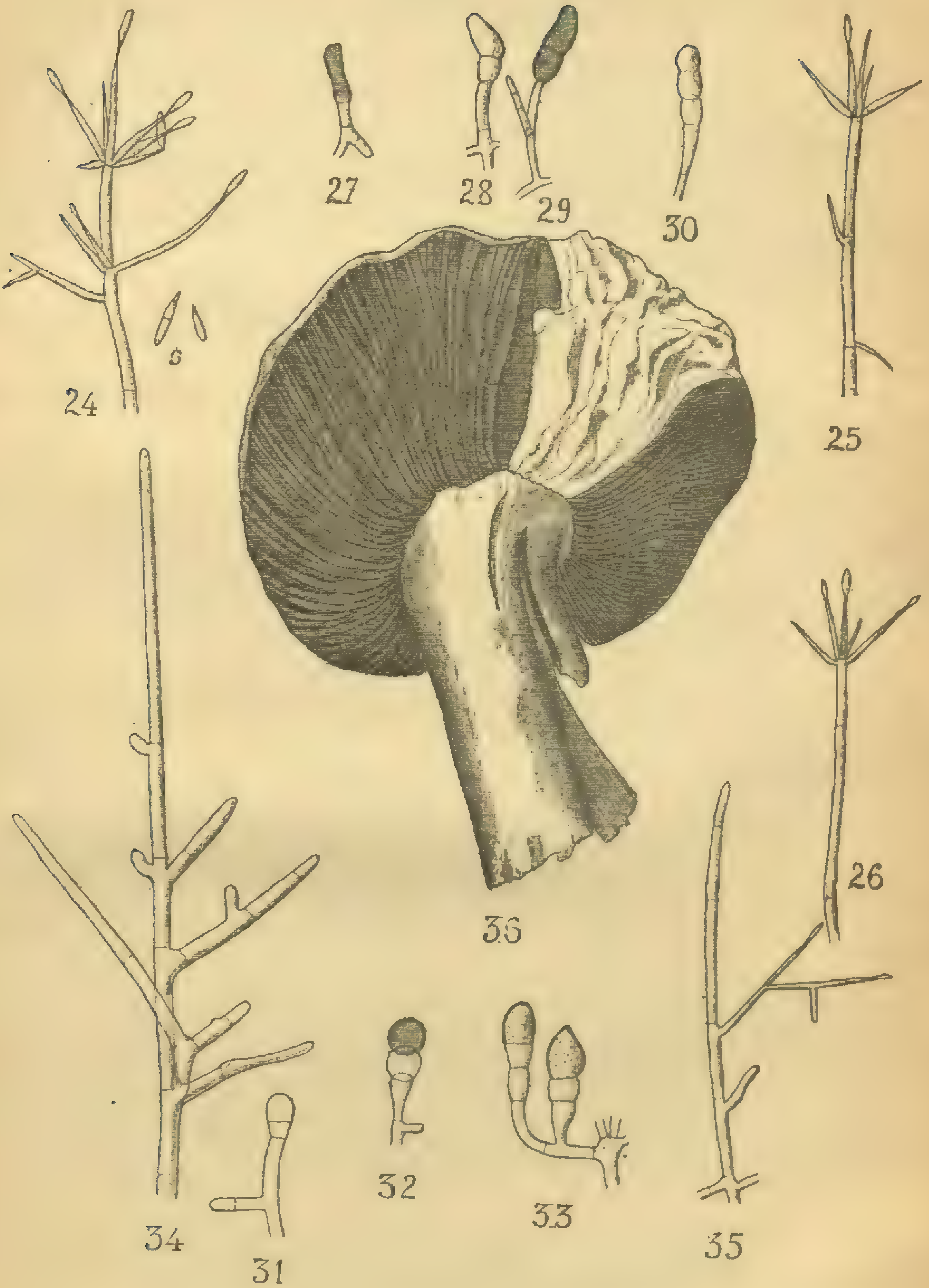
Z

Zahlbruckner (*l*)........ 32, 33
Zeiller (*fr*)........ 396, 506
Zimmermann (*a*)........ 44, 81, 84
Zopf (*a*)........ 140

ERRATA.

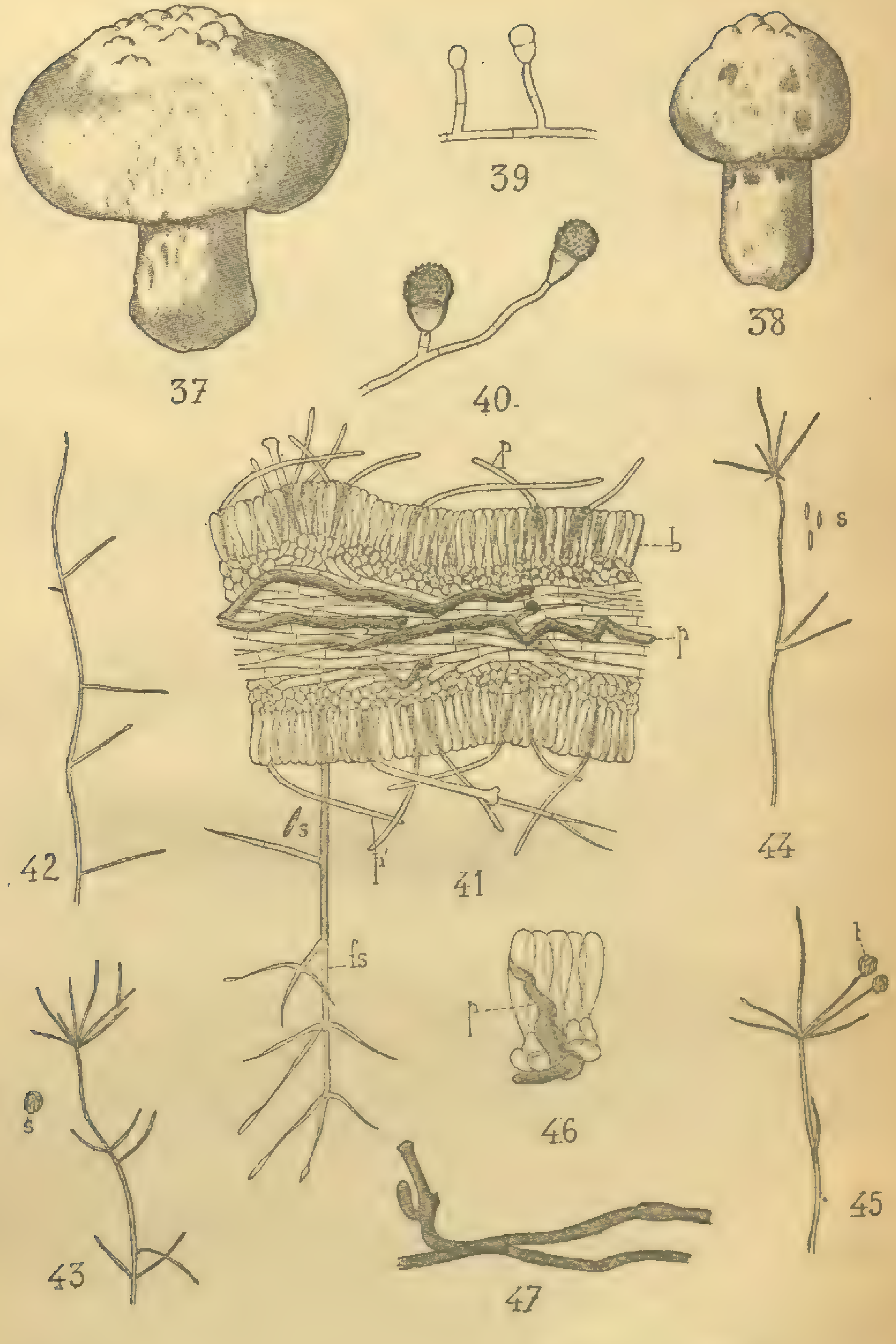
P. 152, ligne 14.	au lieu de	Cartana,	lisez : Cartama.
156, — 8	—	*Pseudocerinthoïdes,*	— *Pseudocerinthe.*
— 156, — 14	—	*Pseudocerinthoïdes,*	— *Pseudocerinthoidea.*
— 158, — 17	—	**Brot,**	— **Brot.**
— 449, — titre,	—	LACHNIIDUM,	— LACHNIDIUM.

5479-91. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.



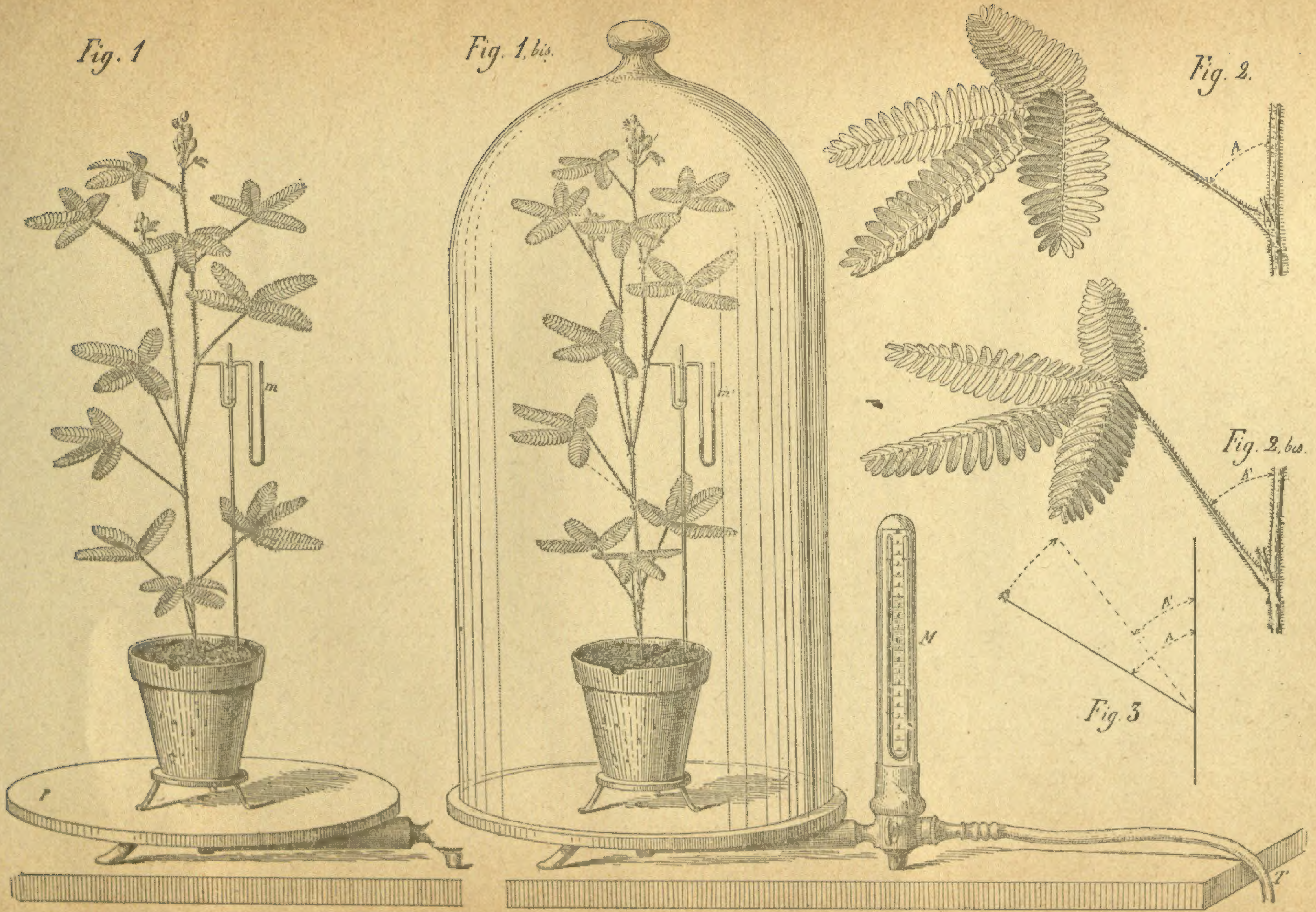
Costantin del. *Imp. Éd. Crété.* *Vilou sc*

Recherches sur la Môle.



Costantin del. *Imp. Éd. Crété.* *Vilou sc.*

Recherches sur la Môle.



Millot del. Imp. Éd. Crété Vitou sc.

Mouvements de la Sensitive sous l'influence de la dépression.

Millot del. Imp. Éd. Crété. Vitou sc.

Variations de la pression dans la Sensitive.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît régulièrement le 15 de chaque mois, et chaque livraison est composée de 32 à 48 pages, avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. Paul KLINCKSIECK, 52, rue des Écoles, à Paris, qui se charge de fournir tous les ouvrages anciens ou modernes dont il est fait mention dans la *Revue*.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 7, rue Amyot, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

Librairie ARTHUR FÉLIX, à Leipzig.

RECHERCHES

SUR

LA PHYSIOLOGIE ET LA MORPHOLOGIE

DES ORGANISMES INFÉRIEURS

Faites au Laboratoire de Cryptogamie de l'Université de Halle

PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE

M. W. ZOPF

Professeur à l'Université
et Directeur du Laboratoire de Cryptogamie de l'Université de Halle.

1re LIVRAISON

CETTE PREMIÈRE PARTIE CONTIENT LES MÉMOIRES SUIVANTS :

Sur la Gomme de sucrerie (*Leuconostoc*) des fabriques de sucre de betterave européennes et des fabriques de sucre de canne de Java, par MM. C. LIESENBERG et W. ZOPF ;

Sur les principaux colorants des organismes inférieurs, par M. W. ZOPF.

Sur la connaissance des organismes de la farine des graines de coton d'Amérique, par M. W. ZOPF (1re partie).

Cette livraison est accompagnée de trois planches en couleur et forme un vol. gr. in-8 de 97 pages. Prix, broché : 7 fr.

La deuxième livraison est sous presse.

2335-88. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.